

ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN

PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE TERRESTRE MASIVO URBANO DE PASAJEROS EN EL SISTEMA TRANSMILENIO DENTRO DEL ESQUEMA DEL SITP EN LA FASE MOVILIDAD LIMPIA TRONCAL

PARTE 1



PERFIL PRELIMINAR

Contratar la explotación económica del servicio público de transporte terrestre automotor urbano masivo de pasajeros en la ciudad de Bogotá D.C., para la fase movilidad limpia troncal de conformidad con el Decreto 477 de 2013 – Plan de Ascenso Tecnológico para operar sobre las troncales actuales y futuras que llegaren a conformar el Sistema TransMilenio.

Versión 0

BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA
2.014







TABLA DE CONTENIDO






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA


ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



LISTADO DE TABLAS






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



LISTADO DE FIGURAS






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA

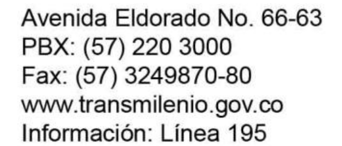

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA



LISTADO DE FOTOGRAFÍAS









1. ANTECEDENTES

De conformidad con la Ley, en desarrollo del proyecto contemplado en el Acuerdo 06 de 1998, y con la cofinanciación de la Nación, el Concejo de Bogotá mediante el Acuerdo 04 de 1999 autorizó al Alcalde Mayor para participar con otras entidades distritales en la constitución de la sociedad pública por acciones que se denominaría EMPRESA DE TRANSPORTE DEL TERCER MILENIO TRANSMILENIO S.A. y que tendría por objeto la gestión, organización y planeación del servicio de transporte público masivo urbano de pasajeros en el Distrito Capital y su área de influencia.

Es así como el 13 de octubre de 1999, mediante la escritura pública No. 1528 de la Notaría No. 27 del Círculo de Bogotá, se constituye la sociedad EMPRESA DE TRANSPORTE DEL TERCER MILENIO TRANSMILENIO S.A, por el Alcalde Mayor, en nombre del Distrito Capital y otras cuatro entidades públicas distritales. Esta sociedad se establece, con capital exclusivamente aportado por entidades estatales, con el mismo objeto que le fijó el Acuerdo que autorizó su creación.

Con ocasión de la expedición del Decreto 319 del 15 de agosto de 2006, se adoptó el Plan Maestro de Movilidad que tiene por objeto concretar las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas relacionados con la movilidad del Distrito Capital, y establecer las normas generales que permitan alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, institucionalmente coordinada, y financiera y económicamente sostenible para Bogotá y para la Región.

El Plan Maestro de Movilidad definió el objeto y alcance del denominado Sistema Integrado de Transporte Público “SITP”, al que corresponde garantizar los derechos de los ciudadanos al ambiente sano, al trabajo, a la dignidad humana y a la circulación libre por el territorio, mediante la generación de un sistema de transporte público de pasajeros organizado, eficiente y sostenible para el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá.

El Sistema Integrado de Transporte Público comprende las acciones para la articulación, vinculación y operación integrada de los diferentes modos de transporte público, las instituciones o entidades creadas para la planeación, la organización, el control del tráfico y el transporte público, así como la infraestructura requerida para la accesibilidad, circulación y el recaudo del sistema.

En desarrollo del Plan Maestro de Movilidad, se expidió el Decreto 486 de 2006, donde se establece a cargo de TRANSMILENIO S.A. la responsabilidad por la integración, evaluación y seguimiento de la operación del Sistema Integrado de Transporte Público – SITP, así como adelantar los procesos de selección necesarios para poner en marcha la integración del transporte colectivo con el actual sistema de transporte público masivo bajo las condiciones previstas en el mismo Plan Maestro de Movilidad, en la Ley 310 de 1996 y sus normas reglamentarias y modificatorias.







En el mismo sentido, el Alcalde Mayor expidió el Decreto 309 de 2009 *"Por el cual se adopta el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones"*, en el cual se definieron los principios y políticas necesarias para la implementación del mismo.

En el mismo Decreto 309 de 2009, se indicó que el SITP es el eje estructurante del sistema de movilidad en Bogotá, estableciendo a través de su artículo quinto, entre sus objetivos, el de modernizar la flota vehicular de transporte público.

En virtud de estos mandatos, la Alcaldía Mayor de Bogotá ha venido desarrollando e implementando, a través de la Secretaría Distrital de Movilidad y de la Empresa de Transporte del Tercer Milenio TRANSMILENIO S.A., el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá SITP, como una estrategia para solucionar los problemas de movilidad de la capital y orientado a alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, económicamente sostenible para los actores del nuevo sistema y accesible en todo sentido a los usuarios.

A través del Acuerdo 489 de 2012 por el cual se adopta el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas para Bogotá D.C. 2012-2016, se establece en su objetivo general "… *el plan contribuirá al ordenamiento del territorio alrededor del agua, minimizando las vulnerabilidades futuras derivadas del cambio climático y protegiendo en forma prioritaria la estructura ecológica principal de la ciudad, como base de un nuevo modelo de crecimiento urbano basado en la sostenibilidad ambiental, que incluye la revitalización de los espacios urbanos y rurales como expresión del uso democrático del suelo, y la promoción de un sistema de transporte multimodal*".

El Acuerdo 489 establece tres ejes fundamentales para su desarrollo, en donde el segundo eje denominado *Un territorio que enfrenta el cambio climático y se ordena alrededor del agua*, incluye en sus objetivos, según el Art. 24 de citado Acuerdo la construcción de un sistema de movilidad con enfoque ambiental y humano, estableciendo "… *La movilidad sostenible debe ser alcanzable mediante la oferta de alternativas modales…*". Objetivo que es alcanzable a través de estrategias como "*la introducción de cambios en la tecnología de los diferentes modos de transporte, ajustes en los esquemas de operación de los sistemas de transporte público colectivo procurando la implementación de energías alternativas y generando las condiciones de infraestructura y* seguridad para la implementación de los modos no motorizados de transporte.

Adicionalmente, las políticas medioambientales han sido direccionadas desde el ámbito nacional, mediante la formulación y aplicación de reglamentación específica para el uso racional y eficiente de la energía.

Mediante la Ley 697 de 2001, reglamentada a través del Decreto 3683 de 2003, el Gobierno Nacional declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional; se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, así como la promoción de la utilización de energías alternativas y se dictan otras







disposiciones, creando a su vez el Programa Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No convencionales -PROURE.
El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía emitió la Resolución 180919 de 2010, Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Mediante esta resolución se establecen importantes metas de ahorro de energía a 2015, orientadas a los vehículos articulados del sistema de transporte masivo[1] y vehículos tradicionales del Sistema Integrado de Transporte Público en Bogotá. Estas metas orientan un cambio tecnológico de los vehículos de combustión interna hacia tecnologías cada vez más limpias, por lo que dicha Resolución establece la transición de buses tradicionales a híbridos y eléctricos.

Finalmente, el Decreto 477 de Octubre de 2013 adopta y estructura el Plan de Ascenso Tecnológico para el Sistema Integrado de Transporte Público, que persigue la sustitución progresiva de tecnologías tradicionales de combustión interna a tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta para mejorar la calidad del aire y reducir los impactos en la salud pública por la contaminación atmosférica.

Dentro del Plan de Ascenso Tecnológico figuran cuatro líneas de acción a saber:

1. Bogotá ciudad laboratorio y banco de pruebas para nuevas tecnologías del transporte
2. Corredor verde de la Carrera Décima – Séptima
3. Ascenso tecnológico en el componente Zonal
4. Asenso Tecnológico en el componente Troncal.

Este estudio de preinversión se enfoca en el "*Ascenso Tecnológico del componente Troncal", precisamente descrito en el artículo 9° que establece que: "Pretende esta linea de acción, a mediano plazo, el reemplazo de la flota de operación troncal de las Fases I y II del sistema de transporte masivo con buses de tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta, proceso que se denominará "Fase de Movilidad Limpia Troncal"; sin menoscabo del cumplimiento de las regulaciones ambientales existentes y metas en eficiencia energética, establecidas en el orden nacional.*"

En particular esta etapa de preinversión cumple con el numeral 9.1. del Decreto en comento, que instruye el conservar la eficiencia y flexibilidad del sistema actual de buses troncales.

[1] El sistema de transporte masivo de las fases I, II y III hace parte del Sistema Integrado de Transporte Público







2. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD PROYECTADA

El Sistema TransMilenio es un sistema BRT (buses de tránsito rápido), que se basa en la operación de buses de alta capacidad con articulados de 150 pasajeros y bi articulados de 250 pasajeros en carriles exclusivos. Está compuesto por un número de troncales, que se han construido y seguirán construyéndose por fases, que incluyen un número de vías seleccionadas como grupo.

Hasta el 2013 se han construido tres fases, que se hicieron en el siguiente orden:

- ✓ **Fase I:** Autopista Norte, Avenida Caracas, Calle 80 y Eje Ambiental (2000 – 2002)
- ✓ **Fase II:** Avenida de las Américas, NQS, Avenida Suba (2003- 2005 – 2006)
- ✓ **Fase III:** Carrera 10, Calle 26, Calle 6 (en construcción) (2012 – 2013)

Actualmente se encuentra en construcción la Calle 6; cuando finalice su construcción, el Sistema troncal va a tener una longitud total de 112.9 km. A continuación se presenta la longitud de cada una de las troncales, divididas por fase.

Tabla 1. Longitud Troncales Sistema TransMilenio

Longitud de troncales del Sistema (km)		
Longitud troncales Fase I	Autonorte	10,3
	Caracas - Usme	18,3
	Caracas - Tunal	1,7
	Calle 80	10,1
	Eje Ambiental	1,9
	Total Fase I	**42,3**
Longitud troncales Fase II	Américas	13
	NQS	19,3
	Suba	13
	Soacha	3,6
	Total Fase II	**48,9**
Longitud troncales Fase III	Calle 26 (sin aeropuerto)	12,2
	Carrera 10	7,3
	Calle 6	2,2
	Total Fase III	**21,7**
Longitud Total Fase I, II y III		**112,9**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

El Sistema tiene tres diferentes tipos de paraderos: estaciones sencillas, estaciones intermedias y portales. Las estaciones sencillas cumplen función de recibir y dejar pasajeros, mientras que las estaciones intermedias y portales cumplen también la función de integración con las rutas alimentadoras o transferencias. En las tres fases del Sistema se





tienen 123 estaciones sencillas, 9 portales y 8 estaciones intermedias. A continuación se encuentran estas cifras discriminados por fase y troncal.

Tabla 2. Estaciones sencillas del Sistema TransMilenio

Estaciones sencillas en el Sistema		
Estaciones Fase I	Autonorte	15
	Caracas Centro	14
	Caracas Sur	12
	Calle 80	10
	Eje Ambiental	3
	Total Fase I	**54**
Estaciones Fase II	Américas	14
	NQS Central	11
	NQS Sur	10
	Suba	13
	Soacha	4
	Total Fase II	**52**
Estaciones Fase III	Calle 26	13
	Carrera 10	8
	Total Fase III	**21**
Total Estaciones Fase I, II y III		**127**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

Tabla 3. Portales del Sistema TransMilenio

Portales en el Sistema		
Portales Fase I	Portal del Norte	1
	Portal de la 80	1
	Portal de Usme	1
	Portal del Tunal	1
	Total Portales Fase I	**4**
Portales Fase II	Portal de las Américas	1
	Portal del Sur	1
	Portal de Suba	1
	Total Portales Fase II	**3**
Portales Fase III	Portal Eldorado	1



Portales en el Sistema		
	Portal del 20 de Julio	1
	Total Portales Fase III	**2**
Total Portales Fase I, II y III		**9**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

Tabla 4. Estaciones Intermedias del Sistema TransMilenio

Estaciones Intermedias en el Sistema		
Estaciones Intermedias Fase I	Calle 40 S	1
	Molinos	1
	Cra. 77	1
	Av. Cali	1
	Total Intermedias F I	**4**
Estaciones Intermedias Fase II	Banderas	1
	General Santander	1
	Total Intermedias F II	**2**
Estaciones Intermedias Fase III	Bicentenario	1
	Av. 1° de Mayo[2]	1
	Total Intermedias F III	**2**
Total Estaciones Intermedias Fase I, II y III		**8**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

El verdadero éxito del Sistema TransMilenio ha sido la implementación de servicios expresos, que ha sido posible con carriles de sobrepaso en las estaciones y semáforos, y con la construcción de doble carril continuo. Estos servicios solo se detienen en algunas estaciones durante su recorrido, aumentando la velocidad del recorrido y permitiendo que el Sistema de troncal opere con mayor eficiencia. El creciente número de troncales en la ciudad ha resultado en la creación de 132 servicios troncales[3] que contribuyen con la rápida movilización de los pasajeros. Sin embargo, el alto número de servicios troncales también requiere de una planeación y logística organizada para sostener el criterio de integrado. Desde el año 2006 se ha implementado un esquema de operación e información al usuario dividido en zonas, donde cada zona se representa con una letra y un color. De esta forma, con saber la zona de destino del viaje se pueden identificar los servicios con mayor facilidad. Las zonas se dividieron de la siguiente manera:

- ✓ **Zona A:** Caracas
- ✓ **Zona B:** Autonorte
- ✓ **Zona C:** Suba

---

[2] La estación intermedia Av. Primero de Mayo aún no se ha construido, y actualmente funciona como estación sencilla

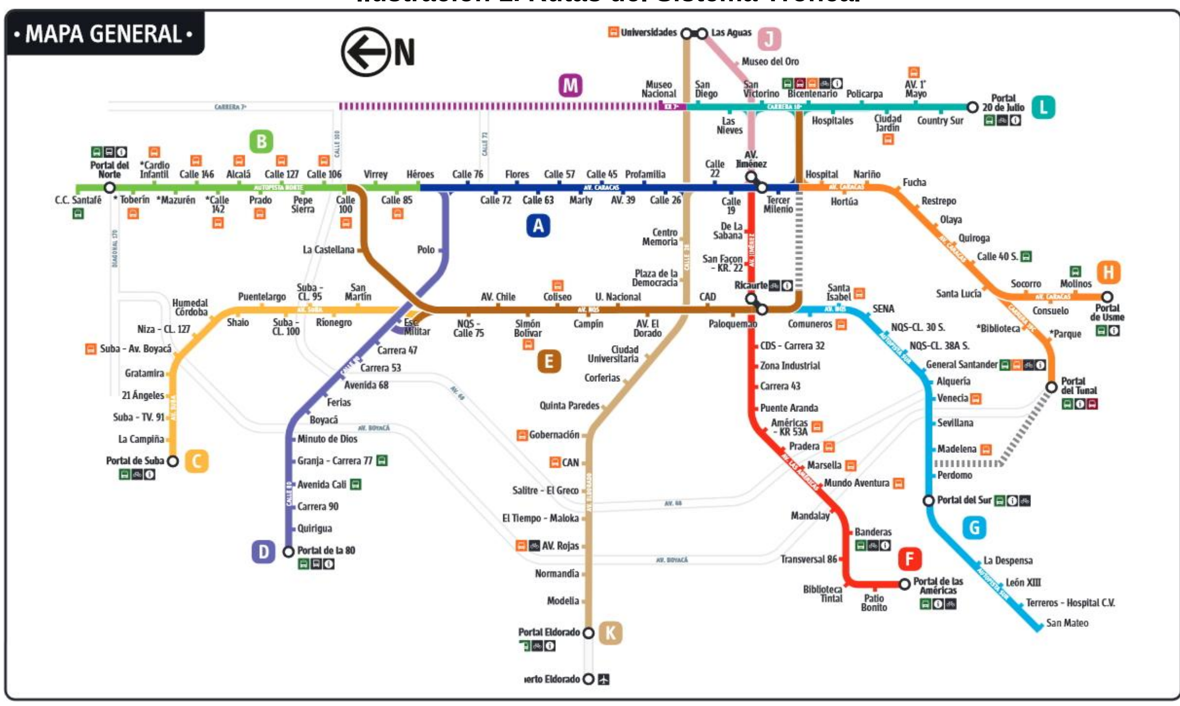
[3] Número de servicios funcionando en la hora pico, sin incluir los servicios con padrón dual por el corredor verde del SITP





- ✓ **Zona D:** Calle 80
- ✓ **Zona E:** NQS Central
- ✓ **Zona F:** Américas
- ✓ **Zona G:** NQS Sur
- ✓ **Zona H:** Caracas Sur
- ✓ **Zona J:** Eje Ambiental
- ✓ **Zona K:** Calle 26
- ✓ **Zona L:** Carrera 10
- ✓ **Zona M:** Carrera 7

Ilustración 1. Rutas del Sistema Troncal



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

2.1. CONTRATOS DE CONCESIÓN.

El sistema Transmilenio se ha desarrollado mediante contratos de concesión en donde los operadores han asumido responsabilidades asociadas a la prestación del servicio de transporte, para este sistema actualmente se identifican los siguientes operadores:



Tabla 5. Operadores del Sistema Troncal Fase I

TRONCALES FASE I		
CONCESIONARIO	**No CONTRATO**	**PERFIL SOCIETARIO**
Sociedad Internacional de Transporte Masivo S.A. – Ciudad Movil	Sin número	Sociedad Anónima
Sistema Integrado de Transporte SI 99 S.A.	001 de 2000	Sociedad Anónima
Express del Futuro S.A.	Sin número	Sociedad Anónima
Metrobus S.A.	041 de 2000	Sociedad Anónima

Tabla 6. Operadores del Sistema Troncal Fase II

TRONCALES FASE II		
CONCESIONARIO	**No CONTRATO**	**PERFIL SOCIETARIO**
Transmasivo S.A.	16 de 2003	Sociedad Anónima
SI02 S.A.	17 de 2003	Sociedad Anónima
Conexión Movil S.A.	18 de 2003	Sociedad Anónima

Ante el hecho de abrir una ventana de oportunidad para la introducción de nuevas tecnologías en los contratos de Fase I y II, el Distrito y los operadores de fases I y II llegaron a un acuerdo para renegociar sus contratos y garantizar la prestación del servicio que igualó las condiciones de remuneración de los operadores del servicio a las que hoy tienen los operadores de la fase III (calle 26 y carrera 10a.), siendo este la base actual del sistema de remuneración general.

La renegociación abrió una ventana que se estima en 3 años al extender la vida útil de los buses en 240.000 kilómetros.

2.2. FLOTA Y ESQUEMA OPERACIONAL

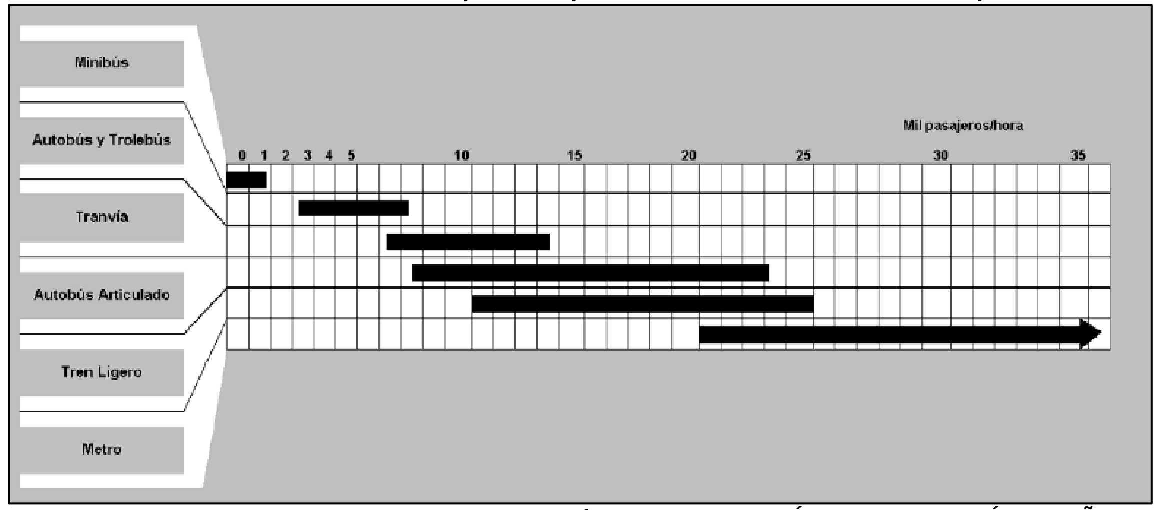
Así como la infraestructura contribuye con el éxito del Sistema de TransMilenio, igualmente se debe mencionar que la flexibilidad de los servicios (servicios expresos) y la disponibilidad de la flota en cualquier extremo troncal generan que el sistema BRT movilice una demanda que desde el punto de vista teórico de la Ingeniería de Transporte, correspondería a un sistema de metro pesado pero que la disposición actual lo gestiona sobre plataforma de buses Articulados o Biarticulados, tal como lo muestra la siguiente ilustración.







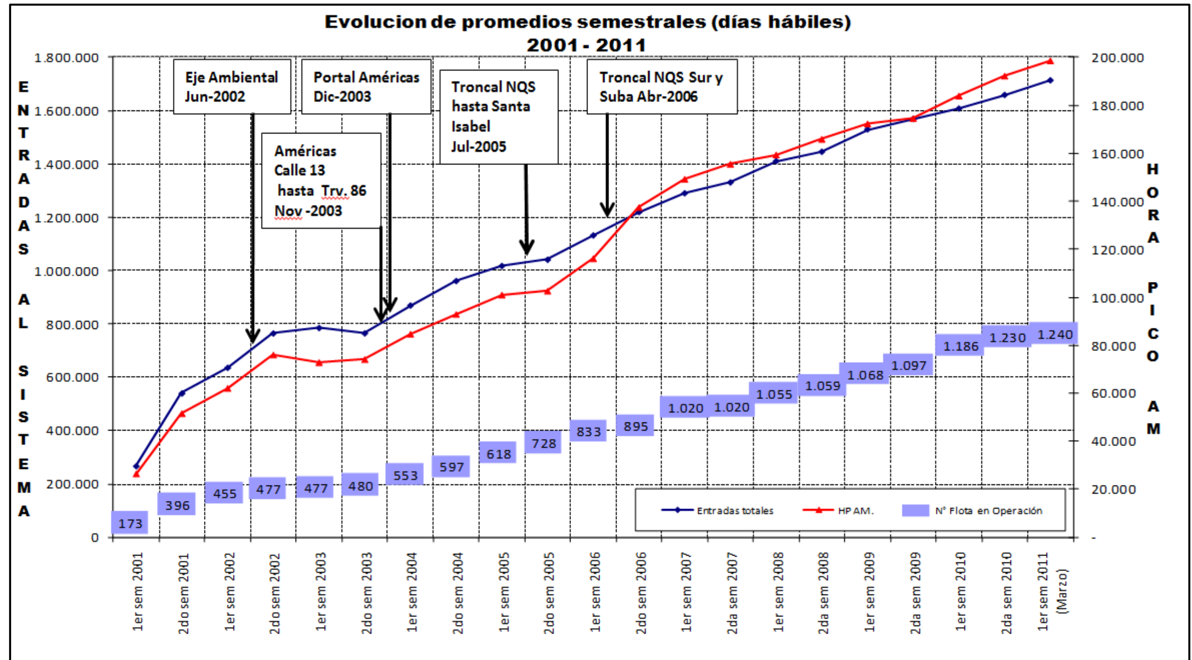
Ilustración 2. Niveles de Capacidad para Diferentes Modos de Transporte



Fuente: Niveles de capacidad para diferentes categorías, TRANSPORTE PÚBLICO PLANEACIÓN, DISEÑO, OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN, Ángel Molinero Molinero, Primera Edición, México DF, 1996

El incremento de flota de las Fases I y II se ha dado entre los años 2001 y 2010, tomando como base el mejoramiento del servicio y el crecimiento vegetativo de la demanda, tal como lo presenta la siguiente ilustración, en donde se muestra la oferta de flota en función de la demanda diaria y hora pico.

Ilustración 3. Oferta de Flota en Función de la Demanda



Fuente: TRANSMILENIO S.A.





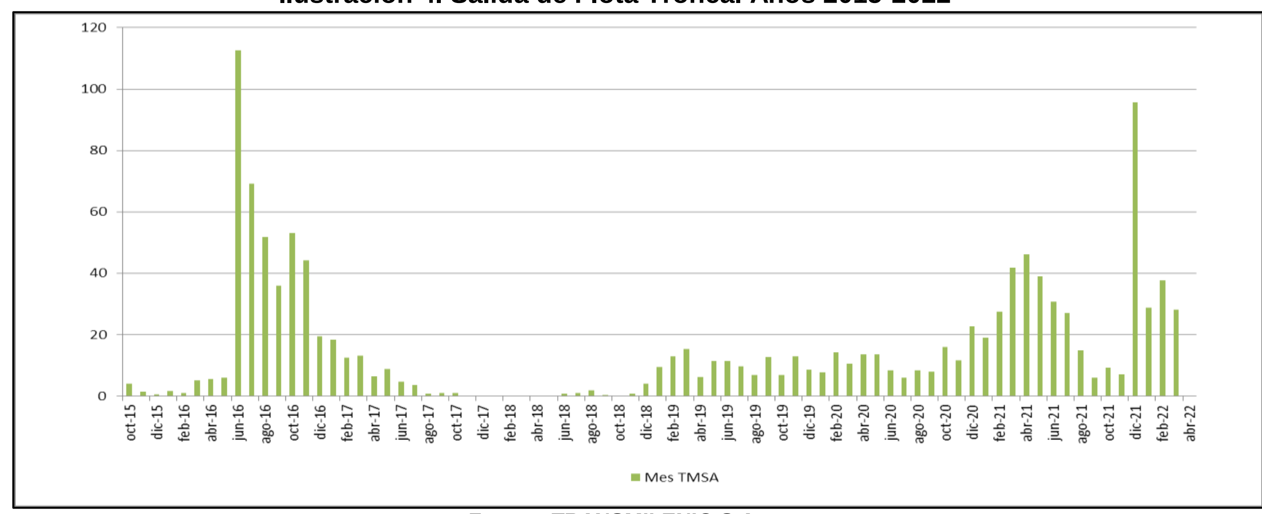


Con base en lo anterior, es necesario qué de implementarse tecnologías limpias en el sistema troncal de la ciudad, se debe disponer de toda la infraestructura necesaria para poder mantener la flexibilidad del sistema (servicios expresos, conexiones operacionales y disponibilidad de la flota en cualquier extremo troncal) y por ende mantener la oferta necesaria para la demanda del sistema.

La entrada de la flota de tecnología limpia debe estar articulada o integrada con el cronograma de salida de los vehículos de la Fase I y la Fase II del sistema troncal, lo anterior teniendo en cuenta que se debe mantener un balance entre la tecnología eléctrica, híbrida y la diésel para minimizar el impacto en la operación de los corredores y poder migrar el sistema troncal de la ciudad hacia otro tipo de tecnología.

Es necesario entonces tener en cuenta la salida de la flota troncal con la prórroga de acuerdo con el siguiente cuadro, que relaciona la salida de la flota estimada por TRANSMILENIO S.A. bajo la premisa de que el operador buscará maximizar su utilidad.

Ilustración 4. Salida de Flota Troncal Años 2015-2022



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

Este escenario previsible indica dos momentos importantes en la salida de flota del sistema como consecuencia del vencimiento de los contratos de Fase I y Fase II, el primero comprendió entre Junio de 2016 a Abril de 2017 y uno segundo, menos concentrado y que abarca los meses Agosto de 2020 a Marzo de 2022

La salida acumulada de la flota estimada se aprecia en la siguiente ilustración:

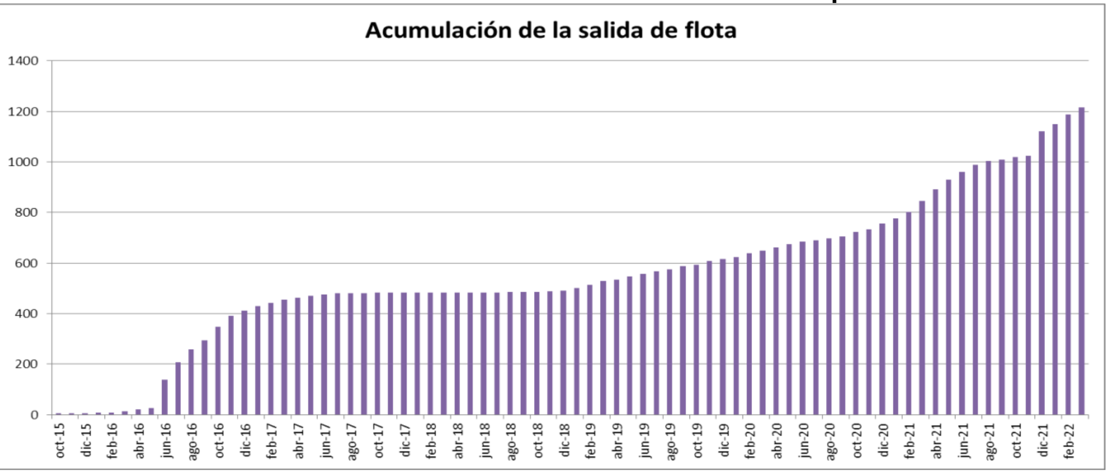








Ilustración 5. Salida de Flota Troncal en Momento Importante



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

Es preciso indicar que estos escenarios se deben precisar en la etapa de prefactibilidad de forma de verificar los escenarios previsibles para la entrada de los nuevos concesionarios y garantizar la capacidad ofrecida a la ciudad.

2.3. DEMANDA ESPERADA DEL SISTEMA TRONCAL

El esquema operacional del Sistema ha permitido que se movilicen diariamente más de 2.000.000 pasajeros en un día. Esto significa que diariamente está movilizando aproximadamente el 15% de los viajes totales que se realizan diariamente en la ciudad, o cerca del 30% de los viajes en transporte público. El Sistema TransMilenio ha logrado movilizar exitosamente más de lo que se esperaba movilizar en un principio. Los sistemas BRT típicamente logran movilizar hasta 10.000-12.000 pasajeros/hora/sentido, mientras que TransMilenio ha logrado movilizar más de 45.000 pasajeros/hora/sentido. Esto se debe en gran parte al esquema operacional con servicios expresos mencionado anteriormente.

Tabla 7. Demanda Promedio para un día hábil típico año 2012

Demanda de pasajeros	
Demanda hora pico AM promedio noviembre 2012	201.622
Demanda hora pico AM máxima histórica (14/11/2012)	205.912
Demanda hora pico PM promedio noviembre 2012	197.545
Demanda hora pico PM máxima histórica (14/02/2012)	203.402
Demanda hora valle promedio noviembre 2012	84.908
Demanda día hábil típico promedio noviembre 2012	**1.832.782**
Demanda día máxima histórica (05/11/2013)	**2.112.428**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

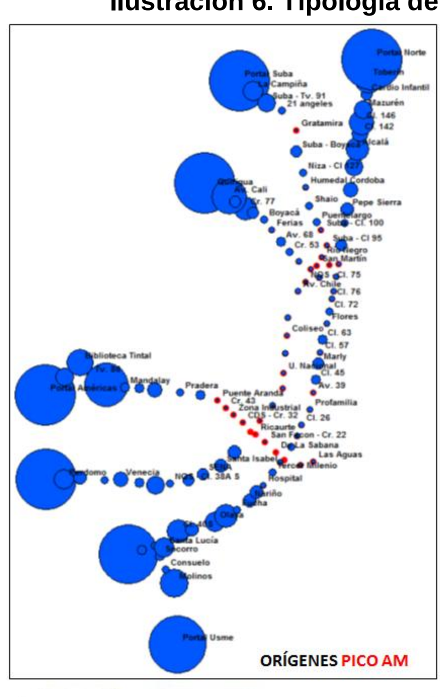


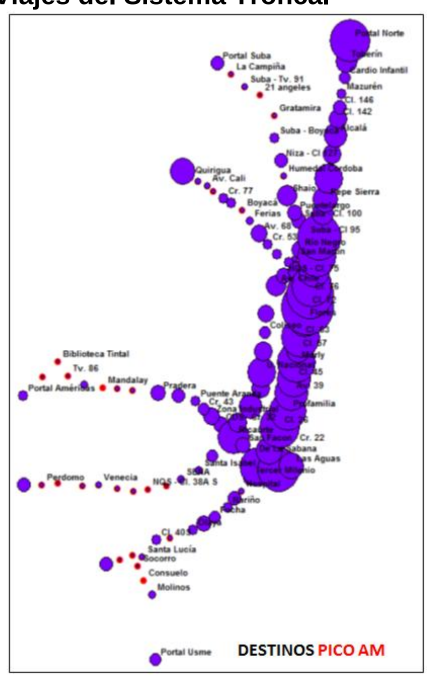


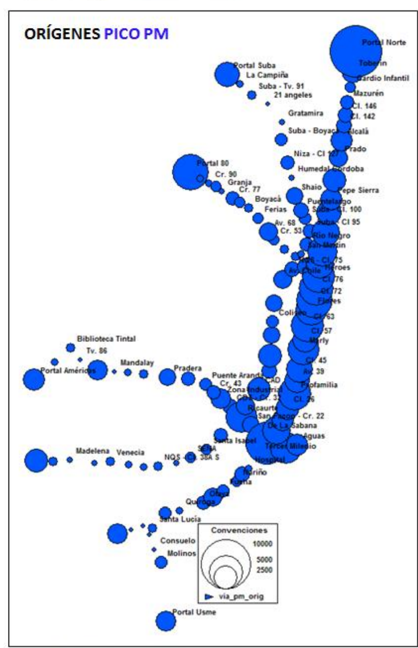


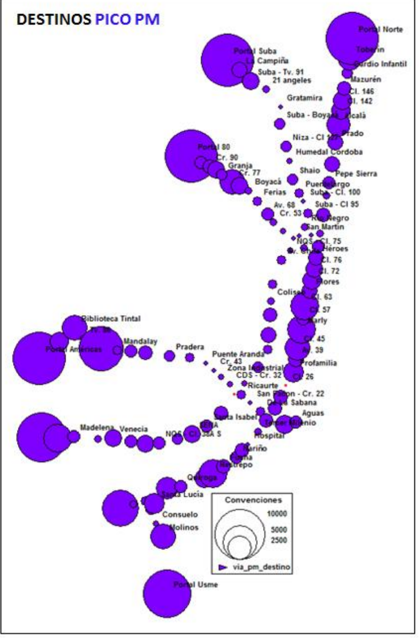
El sistema troncal se caracteriza por tener una tipología de viajes pendular, en la mañana con origen en la periferia de la ciudad con destino al centro expandido de la ciudad. En la tarde con origen en el centro para finalizar o tener como destino la periferia, tal como se muestra a continuación.

Ilustración 6. Tipología de Viajes del Sistema Troncal







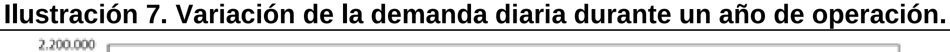


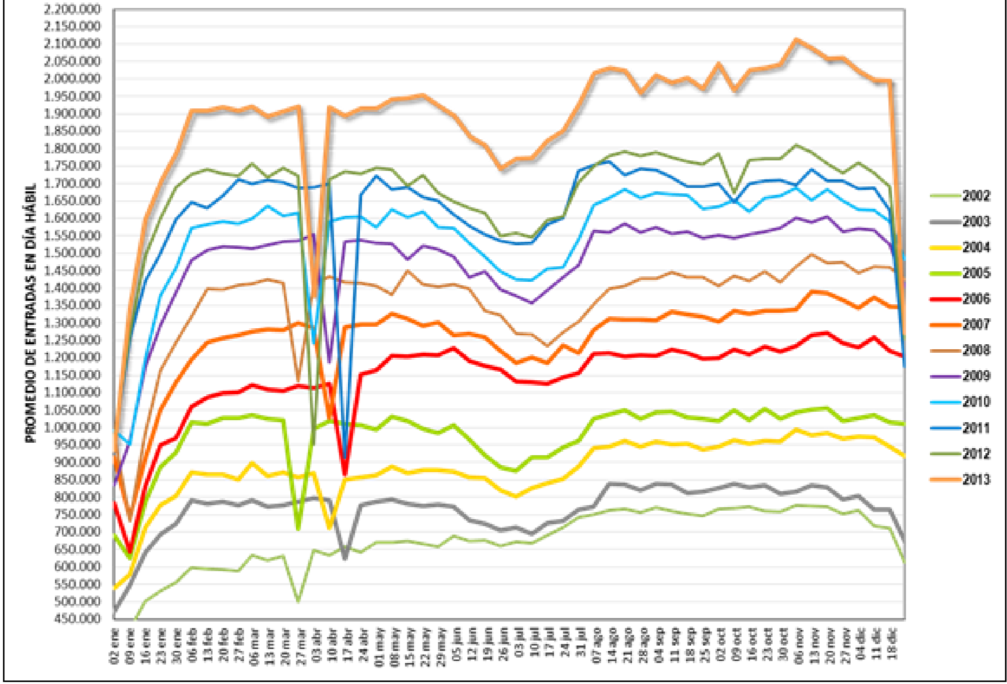
Fuente: TRANSMILENIO S.A.








Ilustración 7. Variación de la demanda diaria durante un año de operación.



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

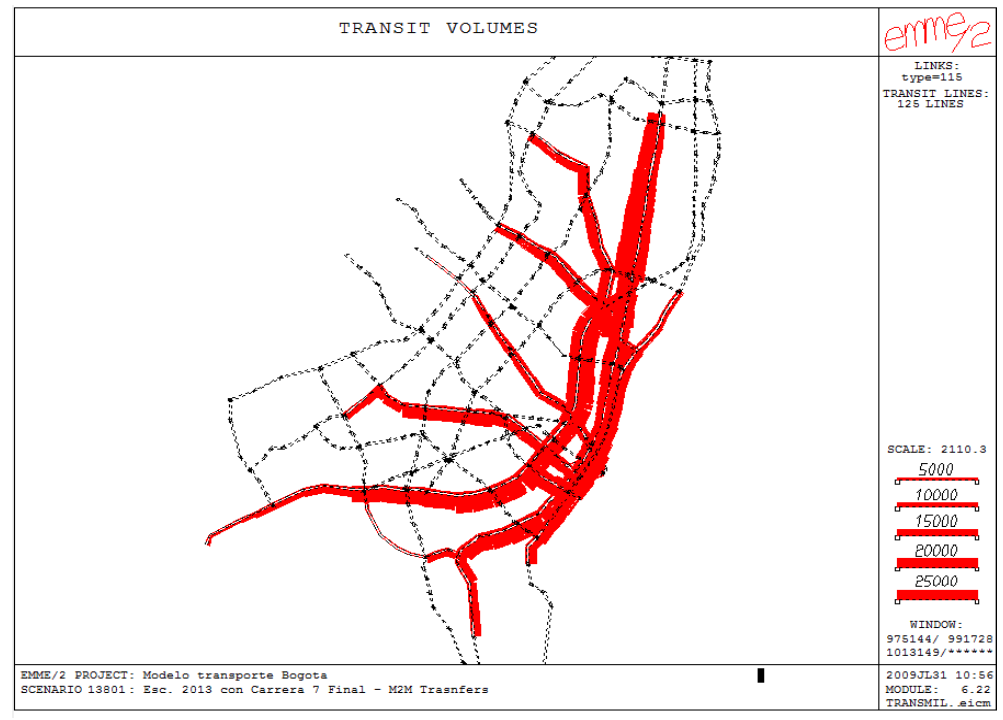
Ahora bien, la estructuración de la Fase III bajo el esquema de operación del SITP, planteaba una demanda con la totalidad de la Fase III, además de incluir la conexión operacional por el ramal Calle 6 y la operación de Soacha. En este sentido se presentan los valores más significativos descriptivos de la demanda de viajes en el Sistema TransMilenio, para la hora pico de la mañana (06:30 a 07:30) obtenidos en el 2009, año de estructuración del SITP. El resultado de la demanda en los corredores de TransMilenio se presenta en la siguiente ilustración, donde puede observarse la magnitud de pasajeros transportados por el total de los servicios troncales y alimentadores en cada tramo de la red.






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Ilustración 8. Volúmenes de pasajeros transportados en la hora pico de la mañana en las troncales del Sistema TransMilenio considerando la Fase III



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

En la operación completa de la Fase III, la demanda prevista para los 9 corredores era de 273.223 pasajeros pagos en la hora pico, lo que significaría 2.489.061 pasajeros pagos al día.

En el periodo de máxima demanda, el número de pasajeros que ingresaría por alimentación sería de 145.575 (53.28%). Del mismo modo, para este escenario se calculó el porcentaje de transferencias dentro del Sistema TransMilenio en 33% teniendo en cuenta que el número de abordajes previsto es de 363.253 ascensos. En la siguiente tabla se presentan los resultados globales de demanda obtenidos para los escenarios de operación considerados en el Sistema TransMilenio.







Tabla 8. Demanda total de viajes en el Sistema para los escenarios Fase III

DEMANDA	Pax / hora	Pax / día
Pasajeros pagos	273,223	2,489,061
Viajes en el Sistema	363,253	3,309,234
Transbordos internos	89,690	817,075
Entradas a pie	113,714	1,035,934
Entradas alimentación	145,575	1,326,188
Entradas intermunicipal	5,058	46,078

Fuente: Elaboración propia

Cuando esté 100% implementado el SITP, las demandas máximas que va a movilizar el Sistema, discriminado por troncal y ubicación, son las siguientes:

Tabla 9.Demanda Máxima a Movilizar en el Sistema Troncal

Demanda máxima por corredor pico AM		
Troncal	**Tramo más cargado**	**pax/h/s**
Autonorte	Cll. 100-Cll. 116 (N-S)	33.000
Calle 80	W de la NQS (W-E)	25.500
Caracas	Cll. 19-Cll. 26 (S-N)	47.000
Américas	Av. Américas-Cll. 13 (W-E)	34.000
NQS	Av. Américas-Cll. 19 (S-N)	34.000
Suba	Av. Boyacá-Clle. 127 (N-S)	24.000
Eje Ambiental	Av. Caracas-Cra. 10 (W-E)	10.700
Calle 26	Cra. 50-Av. 68 (W-E)	13.000
Carrera 10	S de la Calle 26 (S-N)	35.000

Fuente: TRANSMILENIO S.A.





2.3.1. ESCENARIO PREVISIBLE

Este estudio de perfil preliminar ha realizado la planeación dimensionando escenarios probables de ciudad en los próximos 20 años utilizando como inicio los documentos de política contenidos en el plan de desarrollo de la ciudad – Bogotá Humana, el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan Maestro de Movilidad.

Se complementa con la parte asociada a la propia planificación del transporte de BRT, que identifica las deficiencias existentes y potenciales que deberían ser resueltas en la implementación de este proyecto de troncales limpias para aumentar la eficiencia del sistema en general.

Este escenario debe entenderse como base de la planificación de las troncales limpias, pero igualmente debe monitorearse las variables que le dan origen para determinar si este comportamiento cambia y en ese orden verificar si podrían existir efectos sobre el proyecto en general.

Se prevé que la demanda de un sistema más seguro, operacional y físicamente, combinada con la conciencia pública sobre la calidad del servicio, el ambiente y un crecimiento en el volumen de tráfico moderado por la competencia de la moto, así como la incorporación de otros modos de transporte como tren, metro, tranvía, bicicletas y cable.

TRANSMILENIO S.A. debe mantener su posición competitiva, mediante la planificación ágil y flexible de los servicios bajo los principios de diseño y las directrices que ha desarrollado para ayudar a dar forma a los diseños conceptuales y de servicio de los BRT, que son consistentes con este estudio, por ello las prioridades de diseño se mantienen en lo posible como principio de la movilidad eficiente. Lo anterior enfrentará el reto de aumentar la rentabilidad y la eficiencia operativa del sistema mediante mayor automatización de la gestión de flota, la vigilancia a los costos operacionales de los operadores y el reto ambiental contenido en el Plan de Ascenso Tecnológico.

2.3.1.1. VARIABLES IDENTIFICADAS EN EL SISTEMA

Para los eventos del escenario propuesto se verificaron algunas variables asociadas al Sistema Integrado de Transporte que se valoraron como de importancia en un ejercicio estratégico realizado los días 4 -6 de octubre de 2013, los que a continuación se listan:

1- Capacidad del Sistema basada en tipo de Vehículo
2- Condiciones de mantenimiento y reparación
3- Estructura y equipamiento inteligente del bus asociada al servicio
4- Comando, Control, Información y Comunicaciones para la Gestión del Flujo Vehicular.
5- La Infraestructura de la operación del transporte.
6- La infraestructura asociada a la operación del Vehículo.

7- Rango de Operación
8- Seguridad Operacional
9- Seguridad Física del Sistema
10- Plan de Ascenso Tecnológico.
11- Consideraciones ambientales de Ruido del ambiente, las emisiones y los combustibles.
12- El incremento del modo de transporte en moto.
13- Condiciones de sostenibilidad financiera

El escenario futuro de referencia debe ser considerado con los momentos en los cuales la integración de los diferentes modos de transporte al SITP se produce y el fin propio de cada modo, esto es su nivel de servicio, impacto y comunidades a las que sirve. Lo anterior frente a la ejecución de contratos a 24 años que hoy se desarrollan.

En relación con el tiempo de implementación y consolidación operacional de los distintos modos de transporte, presentamos un escenario medio, entendiendo que cada evento está sujeto a variables que podrían desplazarlos en el tiempo, esto implica escenarios de corto, mediano y de largo plazo, así:

Ilustración 9. Modos de Transporte Integrados al SITP a Corto Plazo

ESCENARIO CORTO PLAZO ESTIMADO ENTRADA EN OPERACIÓN

CABLE TUNAL EL PARAÍSO

2014 SITP

2015 SITP

2016 SITP

CABLE 20 de JULIO MORALBA

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

El escenario de Corto Plazo con la entrada del Cable, para el SITP se establece nuevos servicios de alimentación ya que estos están asociados a Portales como se aprecia de su recorrido, con demandas puntuales y específicas de comunidades aisladas por condiciones de localización lo que no afecta contratos en ejecución y su coexistencia es puntual.



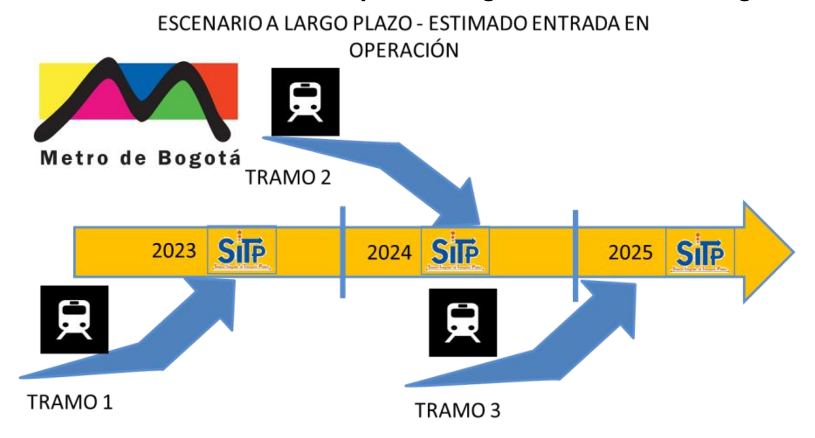
Ilustración 10. Modos de Transporte Integrados al SITP a Mediano Plazo



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

El tranvía propuesto que inicia en los límites de Soacha con Síbate, que se estima entre en operación en el año 2018 coexiste con la troncal del municipio, es importante indicar que el crecimiento de Soacha en habitantes, su densificación y las condiciones de demanda potencial insatisfecha sostienen que el Tranvía beneficiara en particular a este municipio. El SITP zonal actual no se impacta y nuevos servicios de alimentación o complementarios serían necesarios para ciertas estaciones. El Tranvía del Occidente beneficia a municipios de la sabana y población del municipio de Facatativá que hoy accede a la ciudad por medio del transporte interurbano, estas demandas y el corredor requerirá de nuevos servicios de alimentación o complementarios. El Tranvía de la Carrera Décima-Séptima está concebido sobre un servicio complementario de buses y las demandas indican que coexistirán para atender servicios puntuales y servicios expresos sobre el corredor verde carrera Décima–Séptima.

Ilustración 11. Modos de Transporte Integrados al SITP a Largo Plazo



Fuente: TRANSMILENIO S.A.







El escenario a largo plazo del Metro está en estudio de detalle por parte del consultor, es decir que un cronograma completo y ajustado de obra y puesta en marcha asociado a los estudios y diseños no está disponible, sin embargo, se podría estimar una entrada en operación sobre los años 2023 a 2025. Para ese momento, la línea estructurada alimentaria el Occidente, Portal de las Américas hacia el Centro y el Centro hacia el norte, destino calle 127. Se espera que los servicios del SITP sean estructurados como alimentadores del Metro para el flujo Portal de las Américas hacia el centro, para el caso del Centro al Norte es un complemento necesario para descargar la troncal Caracas hoy en su máximo nivel de Operación.

Por otra parte los efectos del POT y el desarrollo esperado de la ciudad, el centro ampliado, y las políticas de ordenamiento territorial tendrán un impacto en la demanda de transporte público, igualmente, el ofrecer un transporte de calidad y una oferta caracterizada por un nivel de servicio apropiado, velocidad y agilidad en el desplazamiento permiten estimar que habrá un desplazamiento de demanda hacia el SITP.

Es de indicar que la estrategia del plan de desarrollo y de la movilidad en si misma esta orientada hacia dicho propósito, esto permite equilibrar el sistema al largo plazo y por lo anterior facilita la coexistencia de modos y mantiene el equilibrio del modelo económico del SITP. El escenario macro económico se basa en que el crecimiento y ordenamiento de la población sobre el territorio impacta la demanda del servicio. Además si otros factores permanecen constantes, el modelo sugiere que la demanda del SITP también va a aumentar, con una presión demográfica constante.

2.3.1.2. METODOLOGÍA UTILIZADA

El proceso contempla un análisis de los siguientes elementos:

- **Definición del alcance:** La primera etapa del procedimiento común define el ámbito de aplicación del escenario, mediante la especificación de las características importantes del escenario
- **Análisis de las percepciones** : Identificando los modelos reglados existentes y la inclusión de opiniones externas
- **Tendencias y análisis de la incertidumbre**: Todos los enfoques principales para la planificación de escenarios incluyen un análisis de las tendencias e elementos inciertos.
- **Construcción del Escenario probable** de conformidad con las técnicas de planificación tradicionales.





Ilustración 12. Esquema Metodológico de Planificación

Objetivo del Escenario Definir el escenario previsible en el cual se desarrollará el contrato de concesión "Troncales Limpias"	
Nivel Estratégico: El escenario desarrolla la estrategia.	Actores Principales: Alcaldía, SDA, SDM, Operadores
Participantes Subgerencia Técnica Oficina Asesora de Planeación	Horizonte de Tiempo: 2015-2035

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

2.3.1.3. FORTALECIMIENTO DE LA ENTIDAD GESTORA

La apuesta por el Sistema Integrado de Transporte Público supone una transformación, no sólo de las entidades en sí mismas, sino del modelo entero, en el cual la presencia de un ente gestor único es necesaria, como también lo es la aparición de operadores de transporte públicos especializados en los diversos modos (terrestre automotor, ferroviario (Metro y Sistema ligero de Trenes), cable, otros).

Realizar el salto institucional de TRANSMILENIO S.A. a la Empresa Gestora del Transporte Integrado de Bogotá S.A., cobra fuerza en el escenario, orientado a convertirse en un holding y realizar actividades por intermedio de filiales para la operación del transporte público, estructurando y sentando las bases de un cambio de enfoque, concordante con el Plan de Desarrollo y con la estructura urbana contenida en el Plan de Ordenamiento Territorial.

Es decir, la propia necesidad de integración lleva a la consolidación del ente gestor encargado de planear, ejecutar, poner en marcha y controlar la operación de los diferentes modos de transporte público en el Distrito Capital y su área de influencia, así como de ejercer la titularidad del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá-SITP. Las Empresas Operadoras, bien sean de naturaleza pública o privada continuará administrando, programando y manteniendo el modo de transporte que le es propio.

El conocimiento de TRANSMILENIO S.A. en la operación de buses debe conservarse, pero no puede esta entidad concentrar al tiempo las funciones de ente gestor cuando éstas lleguen a trascender del simple ámbito de los buses actuales. El inicio de la operación ferroviaria, cuyas iniciativas de asociación público-privadas se estudian ya, hace suponer que en tan solo dos (2) años, aproximadamente, las condiciones de prestación del servicio férreo y las de integración del mismo al resto del Sistema Integrado tendrán tal especialidad y volumen, que deben ser administradas por un ente gestor único y que en ese momento TRANSMILENIO S.A. debe llegar a tener como operador público de buses de transporte terrestre automotor, el mismo nivel institucional que el operador público ferroviario (Empresa Metro de Bogotá S.A.) y ambas empresas deberán en el ámbito operacional del transporte



definir con el ente gestor único las condiciones de acceso de los usuarios, recaudo y distribución del mismo, para que los usuarios tengan libre acceso e intercambio bajo una plataforma operacional y tecnológica única.

2.4. LA CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DEL SITP CON LA INCLUSIÓN DE NUEVOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

2.4.1. Introducción: Contexto del SITP

2.4.1.1. Transformación del SITP: del caos al orden

El proyecto del Sistema Integrado de Transporte para la ciudad de Bogotá – SITP toma fuerza con la creación del Plan Maestro de Movilidad, adoptado por el Decreto 319 de 2006. Éste surge como una iniciativa ambiciosa de transformar el transporte en la ciudad, migrando de un sistema desordenado y de cierta forma caótico (transporte tradicional o transporte público colectivo – TPC) hacia un transporte ordenado, eficiente y confiable. Por medio del Decreto 309 de 2009, se le dio estructura real a esta iniciativa, para así poder iniciar con los diseños conceptuales. El SITP no se está inventando algo que no exista en el resto mundo, pues en ciudades europeas, entre otras, es práctica común contar con sistemas de transporte integrados. Lo que lo convierte en un proyecto ambicioso está en la transformación absoluta de la forma en que funciona el transporte público en una ciudad de más de 7 millones de habitantes, acostumbrada a un modelo de transporte público que ha operado igual por más de 70 años. La transformación incluye un componente de esquema empresarial, prestación del servicio, recaudo, información y cultura del uso de transporte.

Ilustración 13. Transformación en la prestación del servicio y el recaudo

TPC	SITP
Frecuencias irregulares y poco confiables	Frecuencias regulares, programadas racionalmente
Calibración de frecuencias de rutas de manera informal, con calibradores en vía informales	Calibración de frecuencias de rutas mediante GPS y software especializado, con apoyo de personal técnico especializado en vía
Conductores conducen de forma irresponsable, fomentando la inseguridad vial. En varios casos tienen altas deudas por multas de tránsito	Conductores son motivados a conducir respetando las normas de tránsito, fomentando la seguridad vial. No se permite que tengan multas acumuladas
Pago de pasaje direcamente con conductor, generando riesgo de accidentalidad	Pago de pasaje por validación de tarjeta, permitiendo que conductor se dedique exclusivamente a conducir
Recaudo en manos del conductor, evitando contabilidad clara para distribución y pago de impuestos	Recaudo centralizado, facilitando contabilidad clara para distribución y pago de impuestos





Ilustración 14. Transformación en el esquema empresarial

EMPRESA TRADICIONAL	OPERADOR SITP
66 Empresas que NO hacen transporte	13 contratos de concesión para 9 Operadores de transporte
Afiliadora de buses	Propietaria de buses
Vende Cupos	Opera servicio de transporte
Consigue rutas	Obtiene concesión de operación en zona
Lejos del servicio	Presta el servicio integralmente
No contrata conductores	Conductores son empleados directos
Desconectada de servicio, conductores y buses	Un solo propietario, que es el Operador, responsable de servicio, conductores, buses, costos y responsabilidades
Propietario de bus desconectado del servicio	
Conductor desconectado de servicio y costos	
Conductores con riesgo de negocio: guerra del centavo	Empleo con ingreso fijo, estable y prestaciones sociales
Propietario de bus con riesgo de negocio: buses viejos y en mal estado	Operador responsable de tener buses en buen estado, con vida útil de 12 años
Empresa sin riesgo de negocio: propietarios pagan montos fijos independiente del comportamiento de la demanda. No incentiva buen nivel de servicio	Empresa se remunera por kilómetros recorridos, pasajeros recogidos y cantidad de buses, incentivando buen nivel de servicio
Permisos de rutas a término indefinido	Contratos de concesión a 24 años

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

Ilustración 15. Transformación en la información y cultura del uso de transporte

TPC	SITP
Información de operación de rutas limitado a tableros informativos en los buses	Información completa de servicio, accesible por distintos medios: páginas web, volantes, señalética en paraderos y en los buses
Buses paran para dejar o recoger en cualquier punto a solicitud de los usuarios	Buses paran en paraderos definidos, que contienen información acerca de las rutas que por ahí transitan

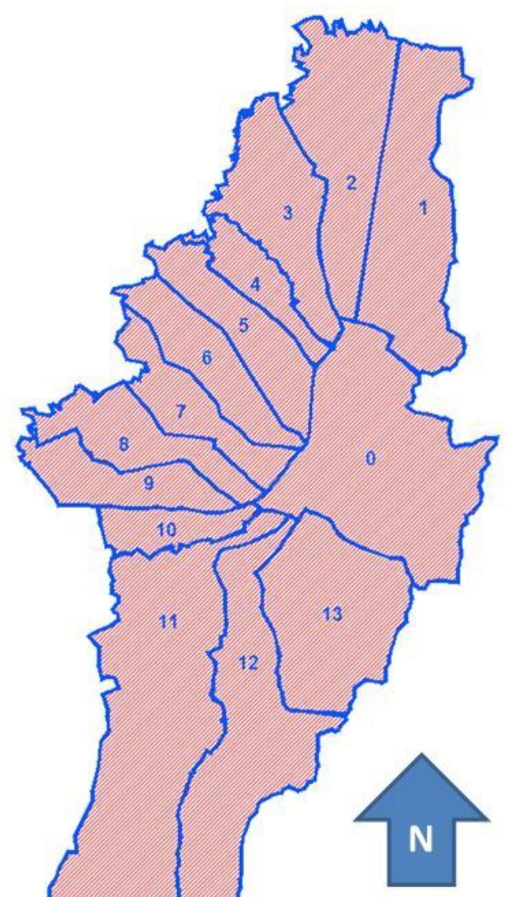
Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios



2.4.1.2. Operación Zonal en el SITP

El SITP dividió la ciudad en 13 zonas operativas y una zona neutra, con el propósito de asignar la responsabilidad de operación en unas áreas definidas. Cada zona tiene un operador responsable, permitiendo la posibilidad de que un operador sea responsable de máximo dos zonas. Los operadores son responsables de la prestación de servicio en toda su zona, incluyendo la operación troncal de la **Fase III** de TransMilenio. Sin embargo, los contratos de las **Fases I y II** aún se encuentran vigentes, razón por la cual continúan bajo responsabilidad de los operadores actuales, tanto para el componente troncal, de alimentación y el recaudo, bajo responsabilidad de Angelcom. El Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información al Usuario – SIRCI – tiene una única empresa responsable, que es Recaudo Bogotá.

Ilustración 16. Zonas del SITP con sus respectivos operadores responsables



Número	Zona SITP	Operador Responsable
1	Usaquén	Consorcio Express
2	Suba Oriental	Masivo Capital
3	Suba Centro	Egobús
4	Calle 80	Este es Mi Bus
5	Engativá	Gmóvil
6	Fontibón	Coobus
7	Tintal - Zona Franca	Este es Mi Bus
8	Kennedy	Masivo Capital
9	Bosa	Etib
10	Perdomo	Egobús
11	Ciudad Bolívar	Suma
12	Usme	Tranzit
13	San Cristóbal	Consorcio Express
0	Neutra	Todos

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios







Tabla 10. Operadores troncales y zonales del SITP

FASE	OPERADOR TRONCAL	ZONA TRONCAL
Fase I	EXPRESS DEL FUTURO	Calle 80
	CIUDAD MÓVIL	Norte
	SI 99	Usme
	METROBÚS	Tunal
Fase II	TRANSMASIVO	Suba
	SOMOS K	Américas
	CONNEXION MÓVIL	Sur
Fase III	CONS. EXPRESS	San Cristóbal-Usaquen
	GMÓVIL SAS	Engativá
	COOBÚS SAS	Fontibón

FASE	OPERADOR ALIMENTACIÓN	ZONA ALIMENTACIÓN
Fase I y II	CITIMÓVIL	Usme
	ALCAPITAL	Suba
	ALNORTE FASE II	Norte
	TAO	Calle 80
Fase III	ETMA	Américas - Banderas
	SI 03	Tunal - Sur
	CONS. EXPRESS	Kennedy
	GMÓVIL SAS	Engativá
	COOBÚS SAS	Fontibón

Fuente. Dirección Técnica de BRT

2.4.1.3. Crecimiento de la flota en el SITP

Cuando se concibió el SITP, se estimó una fecha de implementación completa para el año 2011. Como los contratos de concesión son de 24 años, se hicieron unas proyecciones de incremento de demanda de transporte en la ciudad a lo largo del tiempo, para poder estimar cuál debería ser el incremento de flota a lo largo de la vida de los contratos. Estas proyecciones se realizaron sin previsión de nueva infraestructura de transporte – i.e. metro, tranvía, cable, futuras troncales de TransMilenio. Sin embargo, actualmente se encuentran en estructuración diversos proyectos de nueva infraestructura de transporte, tales como las troncales Avenida Boyacá y 68, Primera Línea de Metro, Cables a Moralba y Paraíso, y la Red de Metro Ligero. Adicionalmente, el SITP se concibió bajo un esquema tarifario diferencial, que fue reemplazado por un esquema plano, mediante el Decreto 356 de 2012. Como consecuencia, **el objetivo principal de este ejercicio es realizar una reevaluación de los escenarios del SITP bajo las nuevas condiciones de infraestructura, tarifa y demanda de transporte, para actualizar las cantidades de flota que se requerirán a lo largo de la vida de los contratos de concesión**.





Tabla 11. Proyecciones originales para incremento de flota a lo largo de la vida de los contratos de concesión del SITP

Año	Zonal	Troncal	Total
2011	10.738	1.595	12.333
2013	10.948	1.666	12.614
2015	11.000	1.692	12.692
2018	11.351	1.740	13.091

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.2. Estimación de la demanda en el corto y mediano plazo

2.4.2.1. Caracterización de la demanda actual

Durante el último año, el sistema ha venido enfrentando una serie de cambios que se ven reflejados, entre otras cosas, en aumentos de demanda en el componente troncal.

En julio de 2012 entró en operación la fase III de TransMilenio, con la puesta en servicio de la troncal sobre la Calle 26, posteriormente en septiembre, comenzó a operar la troncal de la Carrera décima al tiempo que comenzaron a funcionar las rutas zonales del SITP. Producto de lo anterior, entre septiembre del 2012 y octubre del 2013, el sistema troncal pasó de 96 a 126 servicios ofrecidos. Con una demanda que pasó de 44.483.130 en septiembre de 2012 a 50.185.273 durante el mismo mes de 2013, mostrando un crecimiento del 12.8% anual.

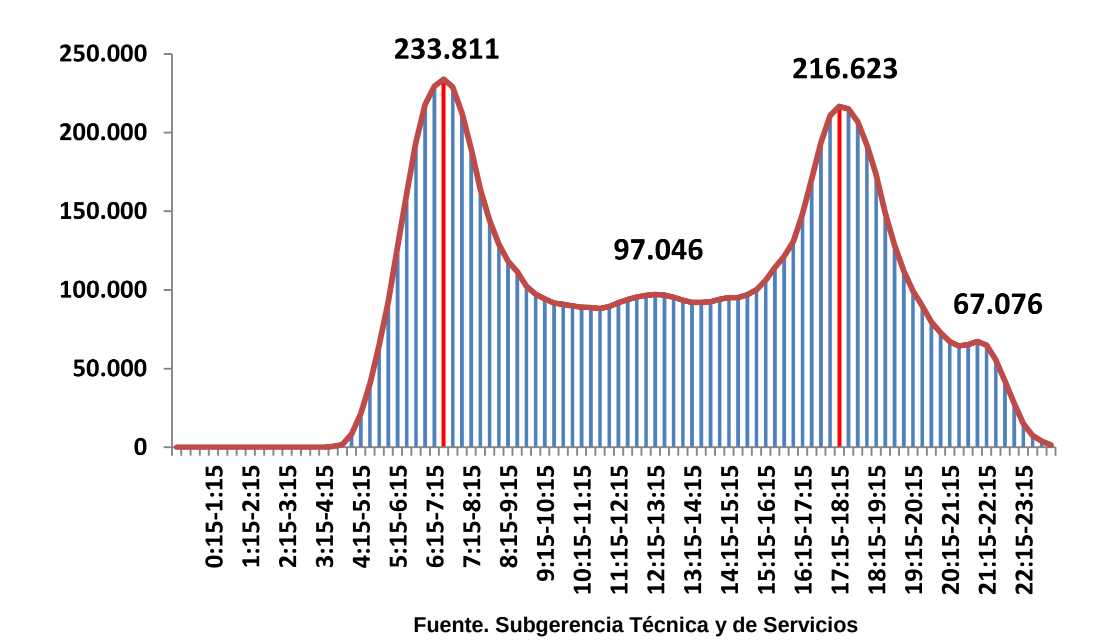
Por lo anterior, sumado a un incremento constante de la demanda en las rutas zonales (7.2 millones de abordajes en octubre de 2013), que permiten la integración virtual con las rutas troncales; y el inicio de operación el pasado 26 de octubre de los buses tipo padrón dual por las carreras séptima y décima, se hace necesario actualizar las proyecciones de demanda para el 2014, mediante un modelo que logre incorporar las influencias de los eventos anteriormente descritos, sobre el comportamiento de las entradas al sistema.

Teniendo en cuenta que la hora de máxima demanda del sistema se presenta en la hora pico de la mañana, entre las 06:30 y las 07:30, para los propósitos del presente análisis se examina esta franja horaria, dado que es durante este periodo del día que se requiere la mayor cantidad de flota en circulación.

El martes 6 de noviembre de 2013 (día tomado como típico hábil), entraron al sistema troncal 2.136.204 usuarios, de los cuales 233.811 ingresaron por las diferentes estaciones entre las 06:30 y las 07:30 (hora pico de la mañana). Este dato incluye las entradas por las tres fases del sistema y los abordajes del padrón dual.



Ilustración 17. Perfil de demanda para un día típico (06/11/2013)



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.2.2. Pronóstico de la demanda en hora pico para los años 2014 y 2015

Para pronosticar el comportamiento de la demanda en la hora pico del sistema durante el 2014, mediante técnicas de análisis de series temporales, se ajustó un modelo que una vez validado, arrojó como resultado las siguientes demandas (promedio día hábil) para días típicos de cada mes de los años 2014 y 2015.

Tabla 12. Pronósticos de demanda para los años 2014 y 2015

Semestre	Mes	Pronóstico	Límite inferior (95% de confianza)	Límite superior (95% de confianza)
I-2014	41.640	195.355	192.817	197.892
	41.671	235.767	232.969	238.565
	41.699	234.914	231.772	238.057
	41.730	235.779	232.216	239.343
	41.760	237.367	233.314	241.420
	41.791	225.030	220.428	229.633
II-2014	41.821	224.471	219.266	229.677







Semestre	Mes	Pronóstico	Límite inferior (95% de confianza)	Límite superior (95% de confianza)
	41.852	245.009	239.154	250.865
	41.883	245.276	238.727	251.825
	41.913	247.078	239.797	254.359
	41.944	248.383	240.333	256.433
	41.974	221.467	212.614	230.319
I-2015	42.005	220.930	211.243	230.617
	42.036	261.342	250.790	271.894
	42.064	260.489	249.043	271.935
	42.095	261.354	248.987	273.722
	42.125	262.942	249.626	276.258
	42.156	250.605	236.315	264.895
II-2015	42.186	250.046	234.757	265.335
	42.217	270.584	254.272	286.896
	42.248	270.851	253.492	288.210
	42.278	272.653	254.225	291.081
	42.309	273.958	254.438	293.479
	42.339	247.042	226.408	267.676

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

Un componente adicional a esta demanda, viene dado por las entradas al sistema provenientes de las estaciones que componen la fase I de la extensión de la troncal NQS hacia Soacha, que según el modelo de transporte, aporta cerca de 57.000 entradas en hora pico.

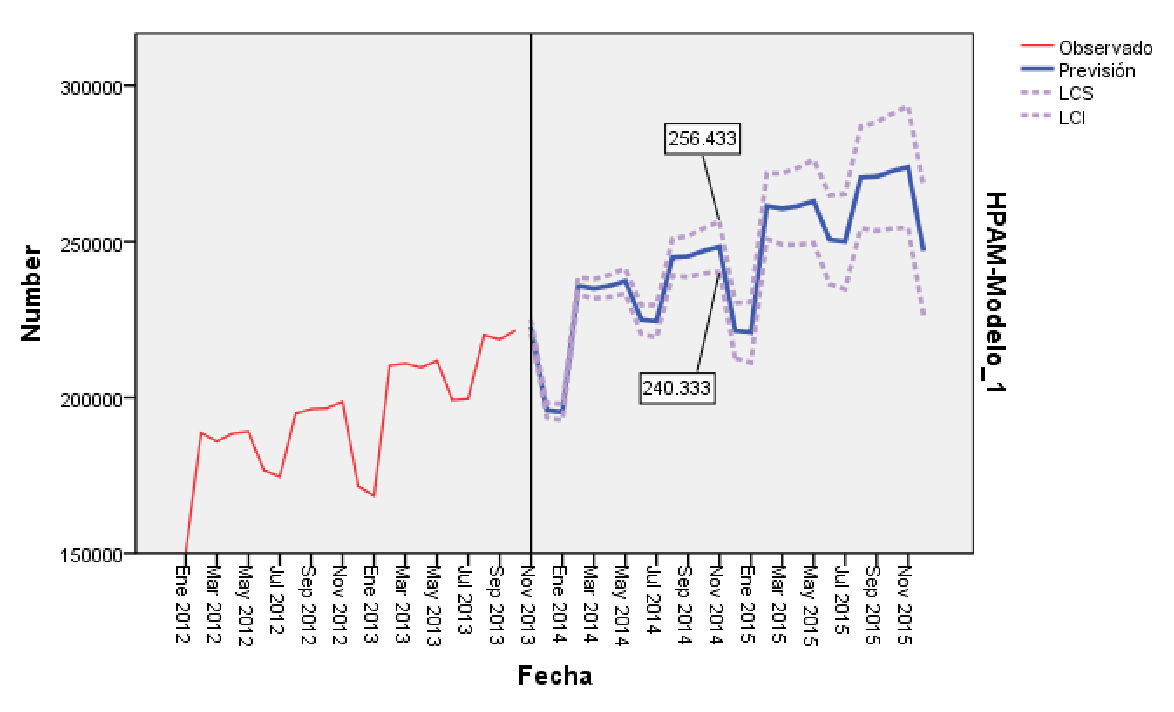
Con base en la demanda estimada, se espera que al finalizar el segundo semestre de 2014 el sistema tenga que atender entre 250.333 y 266.433 usuarios en la hora pico de la mañana.







Ilustración 18. Demanda observada (2012/2013) y proyectada (2014/2015) en hora pico del Sistema troncal[4]



Fuente. Resultados modelo SPSS

2.4.3. Diseño Operacional

Naturalmente, al presentarse cambios estructurales en la demanda, se requiere ajustar el diseño operacional y consecuentemente la cantidad de flota con el fin de garantizar un nivel de servicio aceptable y que permita el manejo razonable de despachos por ruta en función de la demanda y la capacidad de los vehículos articulados y biarticulados.

En la siguiente tabla se observa la estimación puntual de la demanda para el sistema (sin Soacha) y los límites superior e inferior de dicha estimación (con un nivel de confianza del 95%), también se presenta la estimación de demanda de pasajeros que durante la hora pico aportará Soacha, de acuerdo con los estudios de demanda realizados para dicha operación.

[4] Las líneas punteadas corresponden a los límites superior e inferior del intervalo de confianza para la estimación de demanda de la hora pico.







Tabla 13. Necesidades de flota en función de la demanda esperada

Semestre	Pronóstico de demanda H.P.	Límite inferior (95% de confianza)	Límite superior (95% de confianza)	Demanda en H.P. aportada por Soacha	Escenario 1. Con Estimación puntual	Escenario 2. Con LCS	Flota
I- 2014	237.367	233.314	241.420	10.000	247.367	251.420	1.520
II- 2014	248.383	240.333	256.433	10.000	258.383	266.433	1.581
I- 2015	262.942	249.626	276.258	15.000	277.942	291.258	1.695
II- 2015	273.958	254.438	293.479	15.000	288.958	308.479	1.809

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.4. Estimación de la demanda en el largo plazo

2.4.4.1. Información secundaria disponible

Inicialmente se cuenta con las matrices Origen Destino de transporte público de Bogotá para los escenarios 2016 y 2021, desarrollada en el año 2013 por Steer Davies Gleave en desarrollo del "Estudio estratégico de pre-inversión para la estimación y caracterización de la demanda de la Red de Metro Ligero de la ciudad de Bogotá". Elaborado para el Banco de Desarrollo de América Latina.

Esa demanda se estimó a partir del modelo de asignación de transporte público actual para la ciudad de Bogotá y el Modelo de Transporte de Cuatro (4) Etapas de Bogotá y la Región Capital se utilizó de forma auxiliar, para la construcción de las matrices futuras. Estas matrices 2016 y 2021

A continuación se mencionan los supuestos y el procedimiento seguidos por el consultor para la estimación de la demanda:

"*El modelo actual que tiene la ciudad de Bogotá tuvo una variación en su zonificación. Para el año 2009 el modelo contaba con 824 zonas de transporte mientras que en 2011, después de la Encuesta de Movilidad, pasó a tener 945.*

La demanda se estimó a partir del modelo de asignación de transporte público, utilizando la zonificación recomendada por la reciente encuesta de movilidad, al igual que las matrices de viajes de transporte público para la hora pico.

Para la estimación de la demanda se llevó a cabo la calibración del modelo de asignación de transporte público de la ciudad de Bogotá para la hora pico de la mañana. Dentro del proceso de calibración se tuvo en cuenta la información de la Encuesta de Movilidad 2011 y los resultados del ejercicio de preferencias declaradas.







Los escenarios futuros de estimación de la demanda de la RML se construyeron a partir del escenario calibrado 2011, adicionando la oferta de transporte público correspondiente a cada uno de los cortes temporales acordados con la administración: 2016 y 2021.

Se obtuvieron estimativos de carga máxima para el periodo de modelación pico de la mañana de un día hábil. Adicionalmente se obtuvo un pronóstico de pasajeros que transbordan a otros modos de transporte público integrado de la ciudad para los dos periodos de modelación.

Por otra parte, se utiliza el modelo de 4 pasos de la ciudad únicamente para obtener las matrices de viajes futuras resultantes de los vectores de desarrollo urbano para los escenarios considerados, empleando un mecanismo de generación de viajes incremental tomando como base la matriz medida 2011 (pivote).

Es importante mencionar que la utilización de los dos modelos se hace como una aproximación a la metodología ideal, que sería la calibración del modelo de 4 etapas. Por motivos de plazos previstos y alcance no se contempla esta última metodología en la presente consultoría. En ese sentido, para las siguientes fases del estudio se recomienda la actualización y calibración del modelo de cuatro etapas teniendo en cuenta la encuesta de movilidad 2011.

De acuerdo a lo acordado con el cliente, en este ejercicio de modelación sólo se revisó y modificó el insumo de población. El resto de variables de entrada se conjeturaron iguales a las ya existentes en la herramienta para el año 2018. Este proceso de revisión fue ejecutado en su totalidad por el equipo técnico de la ciudad con participación de funcionarios de la Secretaría de Movilidad y la Secretaría de Planeación Distrital y resultó en la entrega de los vectores de población para los años 2016 y 2021 bajo el supuesto de desarrollo de la ciudad.

A partir de los supuestos mencionados y con el proceso realizado en el modelo de 4 pasos por parte del consultor, se establecieron las matrices origen - destino de Transporte público para los escenarios 2016 y 2021 en una desagregación de 945 zonas, las cuales son la base para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 14. Matrices Base Transporte Público

AÑO	VIAJES HORA PICO AM
2016	713.038
2021	764.847

Fuente. Estudio estratégico de pre-inversión para la estimación y caracterización de la demanda de la RML de la ciudad de Bogotá – SDG







2.4.4.2. Metodología de estimación de matrices

El presente estudio de demanda contempla la evaluación de cuatro escenarios año 2016, 2021, 2025 y 2035.

Para los años 2016 y 2021 se trabajó con las matrices estimadas por SDG y se procedió a realizar la estimación de las matrices para los años 2025 y 2035 para transporte público tomando como matriz base la estimada para el año 2021.

La estimación de una matriz futura a partir de una matriz conocida puede realizarse mediante la aplicación de modelos de distribución, como es el método de factor de crecimiento el cual calcula la razón de cambio en los vectores de origen y destino para aplicar por medio de iteraciones sucesivas estas razones a cada uno de los pares OD.

El modelo de distribución de factor de crecimiento, requiere la estimación de vectores de origen y destino futuros, que deben estar balanceados (sumas iguales). A partir de estos vectores se calculan los factores de crecimiento restringiendo la matriz estimada conforme a los vectores calculados; de esta forma se obtiene una matriz que mantiene los patrones de viaje originales, pero que se ajusta a los volúmenes de viajes estimados.

2.4.4.3. Proceso metodológico y resultado

Para estimar los vectores de origen y destino para los años 2025 y 2035 para las 945 zonas consideradas en la matriz se asumió que los viajes con origen y/o destino en cada una de las zonas se pueden proyectar de acuerdo con la tasa de crecimiento de la población en cada una de las zonas como única variable explicativa con la cual se cuenta para el presente estudio.

El resultado de esta proyección de vectores, plantea un total de **808.950** viajes en transporte público en la hora pico de la mañana para el año 2025 y **869.776** viajes en transporte público en la hora pico de la mañana para el año 2035

Tras balancear los vectores de origen y destino para el año 2025, se aplicó el modelo de distribución por factor de crecimiento para la matriz ajustada de 2021 y se obtuvo una matriz base para el año 2025 que representa 808.950 viajes en transporte público en la hora pico de la mañana, de igual forma con los vectores para el año 2035 se aplicó el modelo a la matriz del año 2025 con lo cual se obtuvo la matriz del año 2035 con 869.776 viaje en transporte público.





2.4.5. Estructuración de los escenarios SITP

Para realizar la modelación de los escenarios futuros, es determinante definir bajo qué condiciones se desearía que el SITP operara en los años proyectados. Con base en la información presentada en capítulos anteriores, los escenarios son los siguientes:

- ✓ **Escenario SITP 2016**: aquí se parte de la base que el 100% del SITP se encuentra en operación, con al esquema de tarifas establecido por el Decreto 356 de 2012. Para el corredor de la Carrera 7 – 10 se tiene la operación transitoria del bus dual con sus respectivas rutas complementarias al norte. Adicionalmente, se incluye la troncal Avenida Boyacá, con la respectiva restructuración de rutas que transitan por este corredor.
- ✓ **Escenario SITP 2021**: adicional a lo descrito en el escenario anterior, se incluye la troncal Avenida 68 con la respectiva restructuración de rutas que transitan por este corredor, además de los corredores férreos del sur, occidente y Carrera 7 en operación con tranvía. Se retira la operación transitoria en la Carrera 7 con bus dual.
- ✓ **Escenario SITP 2025**: adicional a lo descrito en el escenario anterior, se incluye la Primera Línea de Metro.
- ✓ **Escenario SITP 2035**: no se contemplan nuevos proyectos de infraestructura para este escenario; únicamente se realiza una proyección para el número de viajes esperados para este año.

2.4.6. Escenario SITP 2016

2.4.6.1. Operación transitoria con Bus Dual

La construcción de un tren ligero o tranvía en la Carrera 7 es una prioridad para la actual administración. Sin embargo, el proceso constructivo está estimado para tener una duración de tres años, razón por la cual su inicio de operación se estima para el año 2018. El bus dual es un bus con las mismas características de capacidad que un padrón tradicional (entre 80 y 90 pasajeros), con la diferencia que opera por puertas tanto izquierda como derecha.

Este tipo de operación tiene una serie de ventajas, entre las cuales se destacan las siguientes:

- ✓ Se mantiene la estructura del SITP: se mantienen las cinco rutas complementarias previstas para el portal de la Calle 100, de las cuales tres llegarán desde el norte de la Ciudad a la Calle 100 y dos se extenderán a la Calle 72. Las demás rutas zonales y



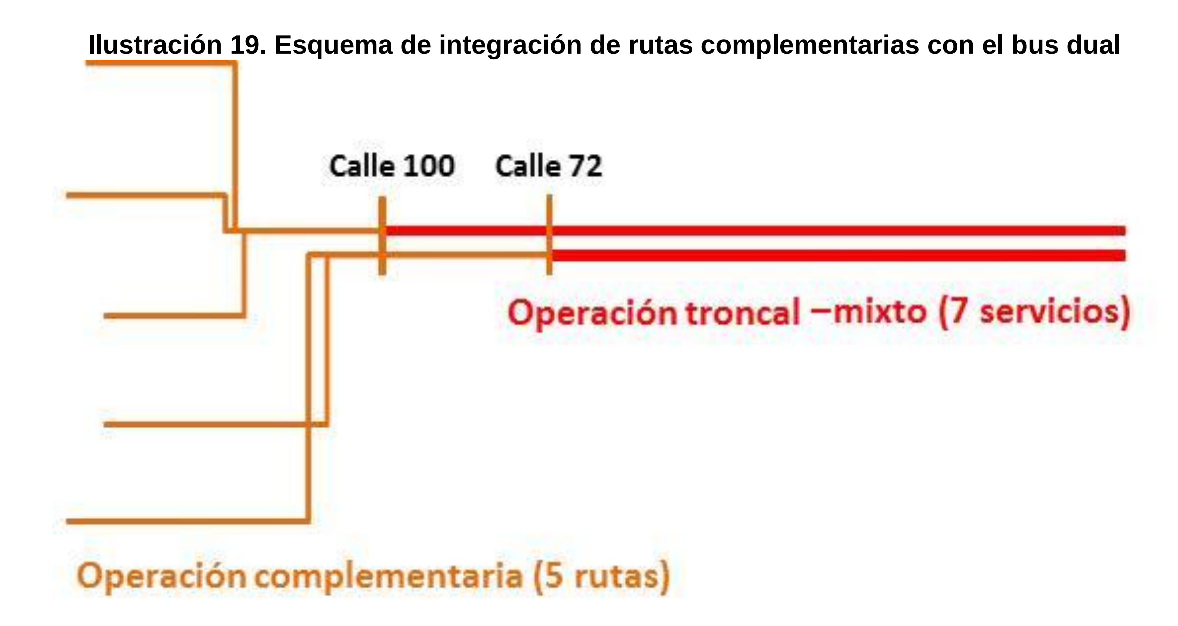
servicios troncales también se mantienen tal como se diseñaron para el SITP. Esto significa que se le garantiza la misma cobertura en trazado de rutas y demanda a todas las 13 zonas del SITP, incluyendo Usaquén y San Cristóbal, las dos zonas en el área de influencia del proyecto.

- ✓ Flexibilidad del servicio: la operación con padrón dual comúnmente se conoce con el nombre de **operación pretroncal**. El padrón dual está diseñado para prestar servicio con puerta derecha a nivel del andén, y servicio con puerta izquierda alta en estación troncal.

- ✓ Flexibilidad del uso de la flota: en el momento que entre en operación el tren ligero o tranvía de la Carrera 7, la flota de padrón dual podrá prestar servicio en las rutas alimentadoras, complementarias y/o nuevos servicios pretroncales, dependiendo de la necesidad. Su diseño posibilita la alternativa de integración física en cualquier punto de las troncales (estaciones y portales).

- ✓ La flota del padrón dual está incluida dentro de la tipología de la operación del SITP. Por lo tanto, no se necesitará homologar este tipo de vehículo en el Ministerio de Transporte.

Ilustración 19. Esquema de integración de rutas complementarias con el bus dual



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

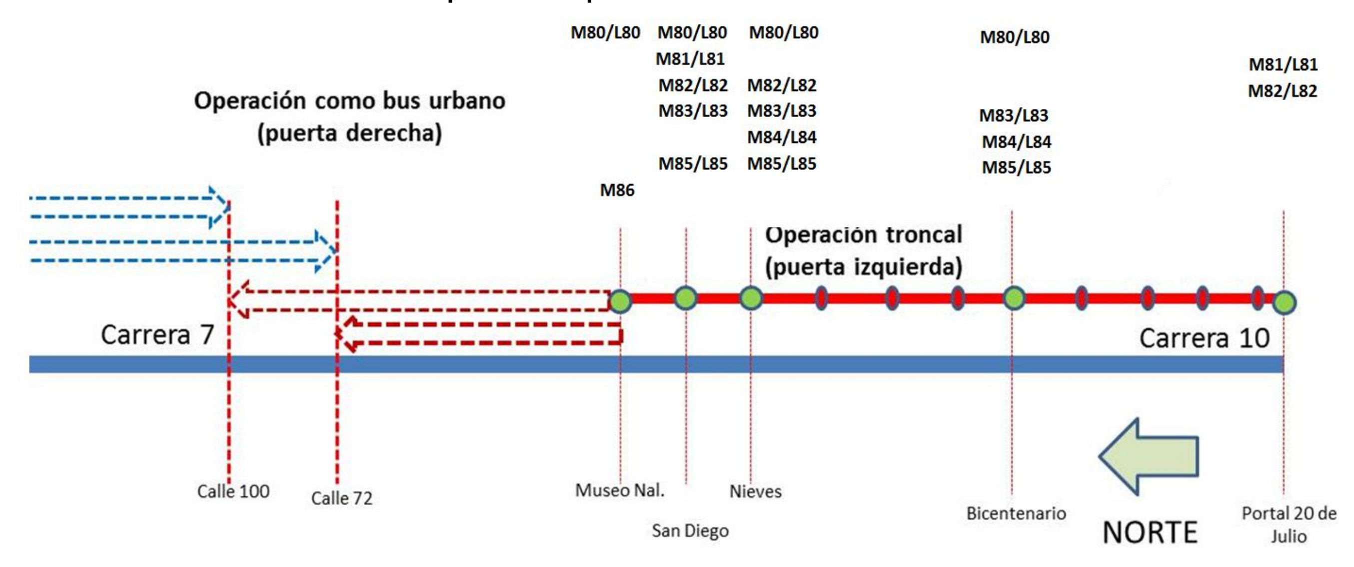
Como se puede observar en la ilustración anterior, los servicios de bus dual se complementan con cinco rutas Complementarias, teniendo dos puntos de integración: la Calle 72 y la Calle 100. Los servicios de bus dual salen de diferentes puntos claves sobre la troncal de la Carrera 10 (Museo Nacional, Bicentenario y Portal 20 de Julio) y desarrollan su recorrido hacia el norte como servicios semi-expresos.







Ilustración 20. Esquema de operación transitoria de la Carrera 7



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

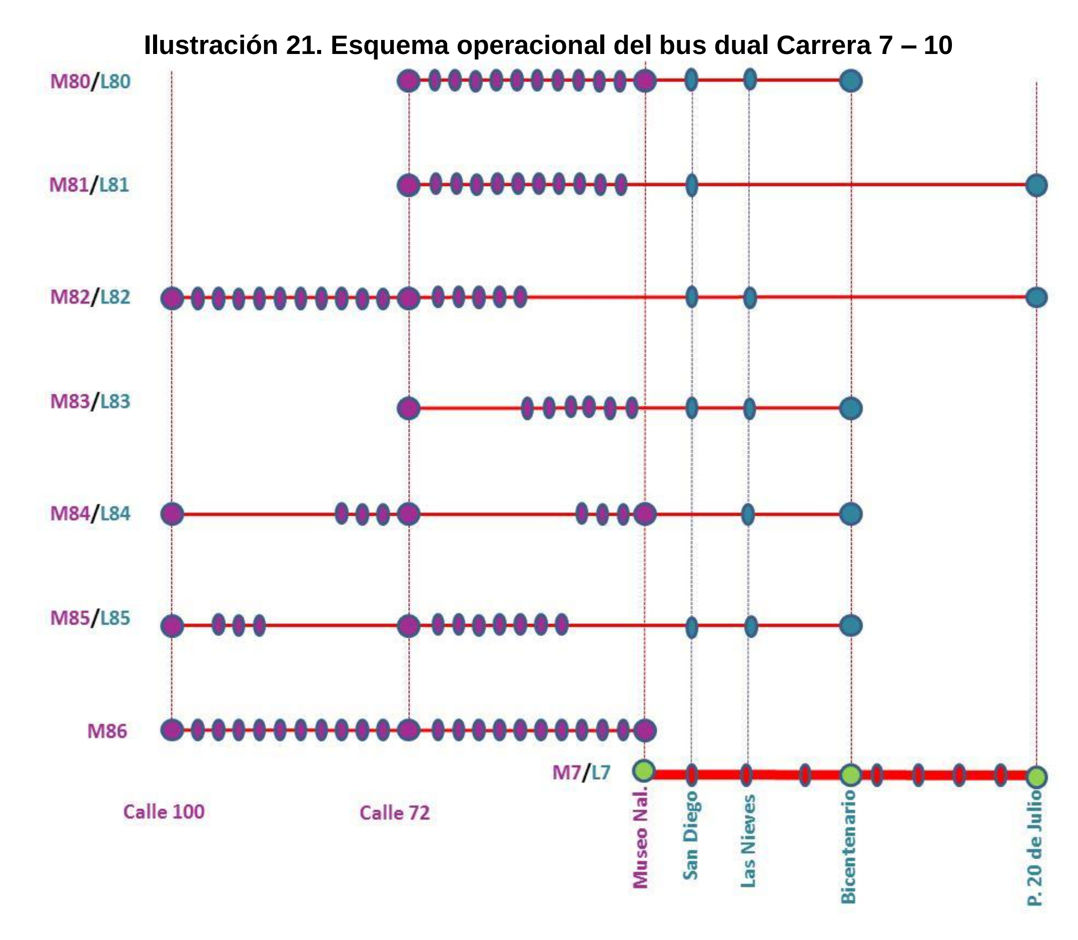
Para optimizar la operación, los servicios con bus dual funcionarán como servicios semi-expresos, que significa que no se detendrán en todas las estaciones, permitiendo una mayor velocidad de operación y una mayor eficiencia de servicio, incluso cuando operen en el tráfico mixto. A continuación se presenta un esquema de operación con el bus dual, donde se ilustra la operación de los siete servicios propuestos (con sus respectivos espejos), los cuales entrarán periódicamente una vez se vincule la flota requerida (30 buses para el mes de octubre, 100 buses para el mes de diciembre de 2.013 y 100 buses para el mes de febrero de 2.014). Se puede observar que cada uno de los siete servicios está diseñado con diferentes paradas, de tal forma que se pueda atender la demanda con una mayor eficiencia.







Ilustración 21. Esquema operacional del bus dual Carrera 7 – 10



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

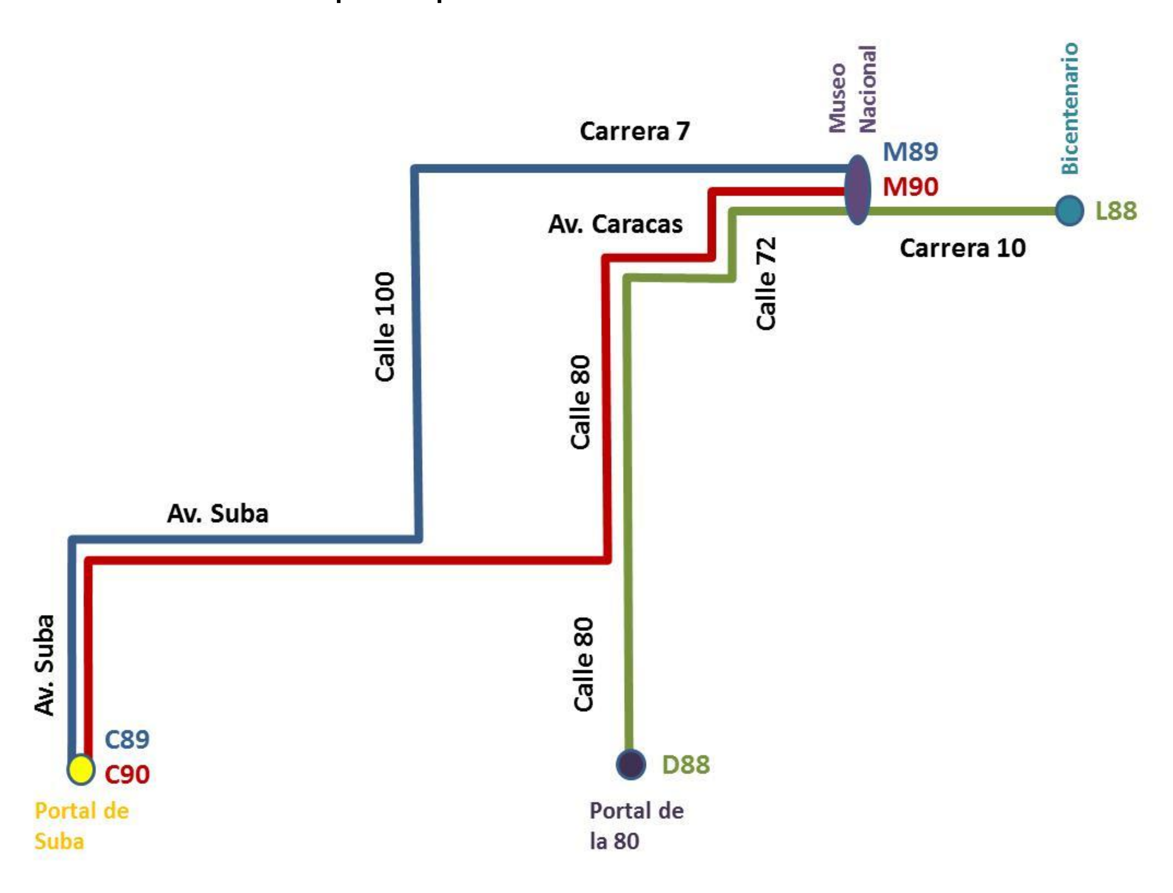
Adicional al esquema de operación de la Carrera 7, el bus dual se tiene previsto para generar conexiones con otras zonas de la ciudad bajo la misma modalidad que opera actualmente. La definición de cuáles son los servicios adicionales se hizo partiendo de un previo análisis que se hizo para determinar de dónde viene la mayor cantidad de usuarios de la Carrera 7, que corresponde al noroccidente de la ciudad, particularmente usando la Calle 80 y la Avenida Suba. Con esto en mente, se proponen tres servicios con sus respectivos espejos que funcionarán tal como se encuentra descrito en la siguiente ilustración.







Ilustración 22. Esquema operacional de los servicios adicionales de bus dual



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.6.2. Troncal Avenida Boyacá

El escenario de modelación de la **Fase IV** del Sistema TransMilenio comprende el desarrollo de conexiones operacionales que permitan conectar con las otras fases. Estas conexiones son:

- ✓ Autonorte (por la Calle 170)
- ✓ Américas
- ✓ Autosur
- ✓ Calle 26
- ✓ Calle 80
- ✓ Avenida Suba







Ilustración 23. Trazado y conexiones operacionales de la troncal Avenida Boyacá

Servicios troncales:
Portal Norte - Soacha
Portal Norte – Portal Sur
Portal Norte – Portal Tunal
Portal Norte - Yomasa

Portal Norte
Av. Boyacá
Soacha
Tunal
Yomasa
N

Servicios troncales:
Portal Américas – Portal Norte
Portal Américas – Portal Calle 80
Portal Calle 80 – Universidades
Portal Suba – Portal Sur

Calle 170
Av. Suba
Calle 80
Av. Boyacá
Calle 26
Av. Cali
Av. Américas
Portal Sur
N

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.7. Escenario 2021

2.4.7.1. Red de Metro Ligero

Según los planes de la Administración Distrital, la ciudad contará con tres líneas de tranvía para el año 2021. Estas son:

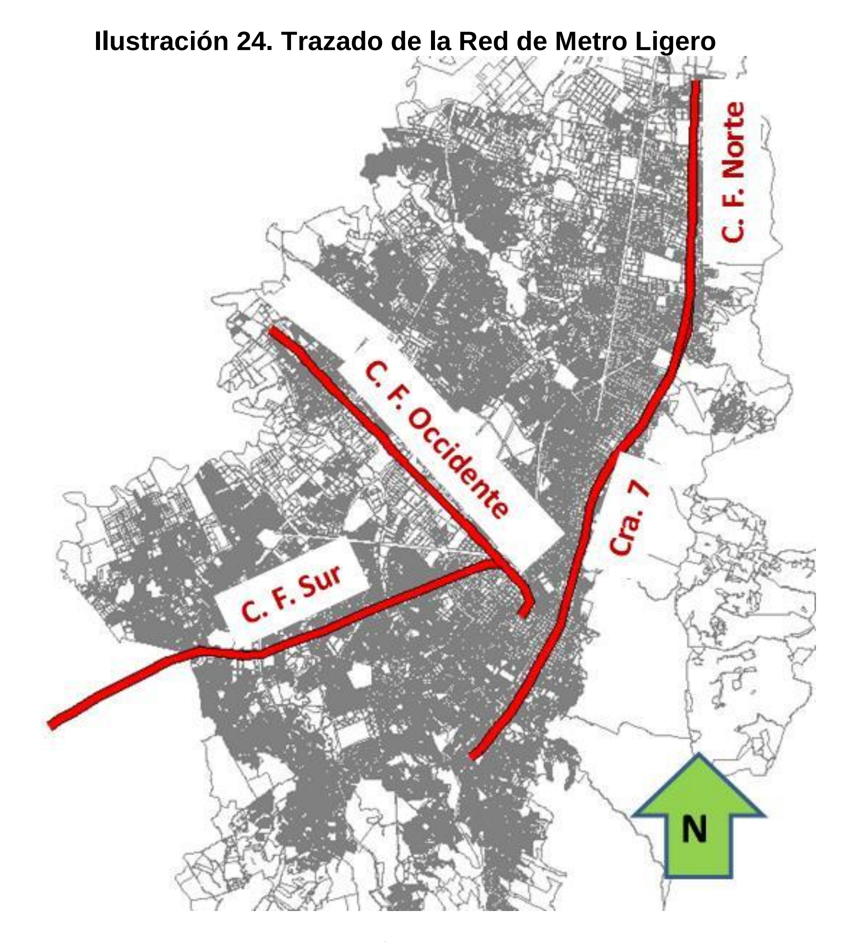
- ✓ **Corredor Carrera 7**: Tiene como punto de inicio la Calle 193, toma el Corredor Férreo del Norte hasta la Calle 119 (aproximadamente) para luego ingresar a la Carrera 7, por donde continúa su recorrido hasta el 20 de Julio en el Suroriente.
- ✓ **Corredor Férreo del Sur**: Tiene como inicio la Estación de la Sabana, toma el Corredor Férreo de Occidente hasta el kilómetro 2, donde toma el Corredor Férreo del Sur hasta el municipio de Soacha en el Suroccidente.





- ✓ **Corredor Férreo de Occidente**: Tiene como inicio la Estación de la Sabana y toma el Corredor Férreo de Occidente hasta los límites del distrito en el Occidente.

Ilustración 24. Trazado de la Red de Metro Ligero



Fuente. Estudio Preinversión RML por Steer Davies Gleave

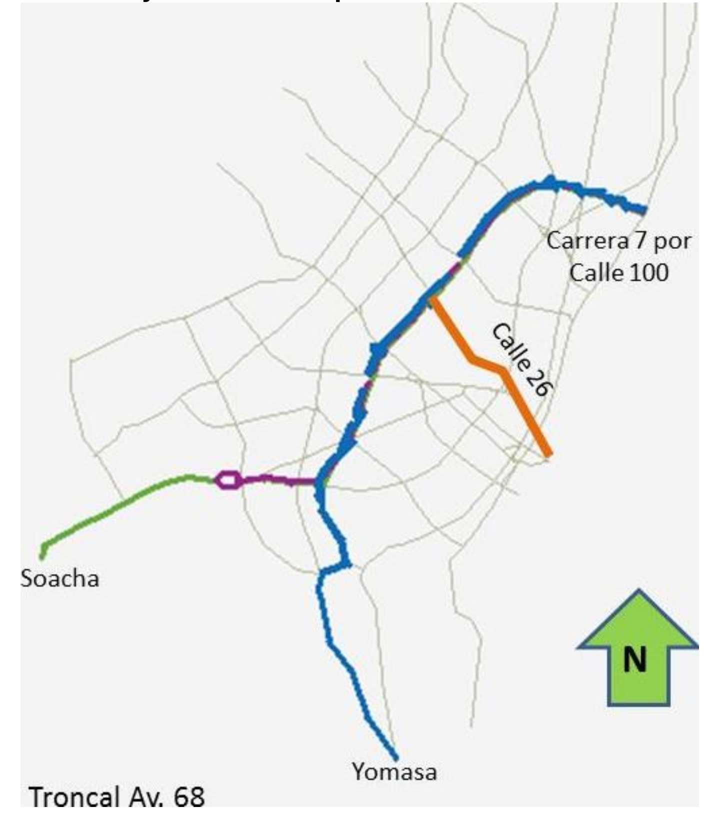
2.4.7.2. Troncal Avenida 68

El escenario de modelación de la **Fase V** del Sistema TransMilenio comprende el desarrollo de conexiones operacionales que permitan conectar con las otras fases. Estas conexiones son:

- ✓ Autosur
- ✓ Calle 26
- ✓ Avenida Boyacá
- ✓ Calle 100



Ilustración 25. Trazado y conexiones operacionales de la troncal Avenida Boyacá



Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.8. Escenario 2025

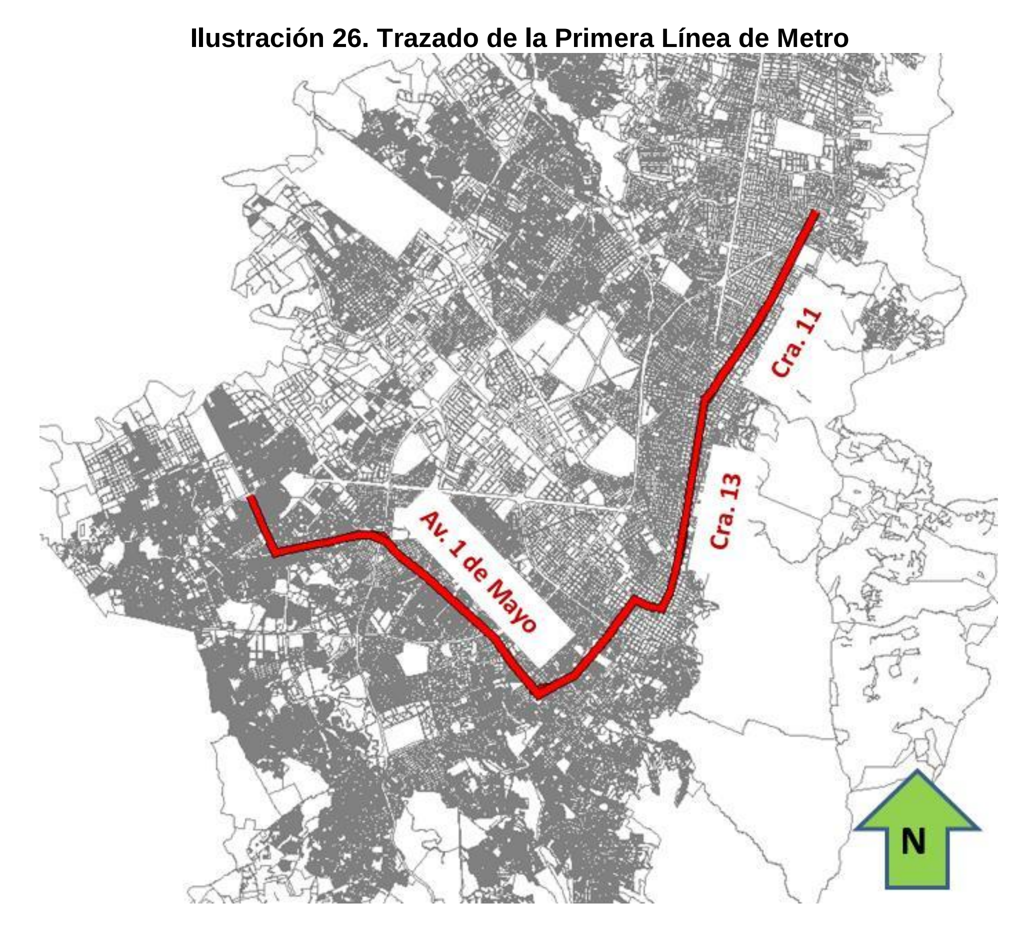
El escenario 2025 parte de lo definido dentro del escenario 2021, sumando la construcción de la Primera Línea de Metro. Aún está en evaluación la definición exacta del trazado. Sin embargo, la gran mayoría del recorrido ya está definido, por lo cual se puede modelar sin que vaya a tener grandes modificaciones. En este escenario no se hizo ninguna restructuración del SITP.







Ilustración 26. Trazado de la Primera Línea de Metro



Fuente. Estudio Preinversión RML por Steer Davies Gleave

2.4.9. Modelación y diseño operacional de los escenarios

Para evaluar cada uno de los escenarios descritos anteriormente, se utiliza el software especializado en modelación de la demanda **EMME4** de los desarrolladores INRO. En este caso se utiliza un modelo de asignación, lo que implica que se introduce una matriz origen-destino y un sistema de rutas, y el modelo asigna la demanda de transporte en cada una de estas.

Luego de tener los resultados de la asignación, se procede a realizar el diseño operacional de cada escenario, donde se determina qué tanta flota se requerirá y a qué intervalo deben funcionar las rutas en la hora pico. **A manera de aclaración inicial, los datos expuestos en este capítulo son preliminares y pueden cambiar si varían las condiciones y supuestos en el SITP y su infraestructura.**

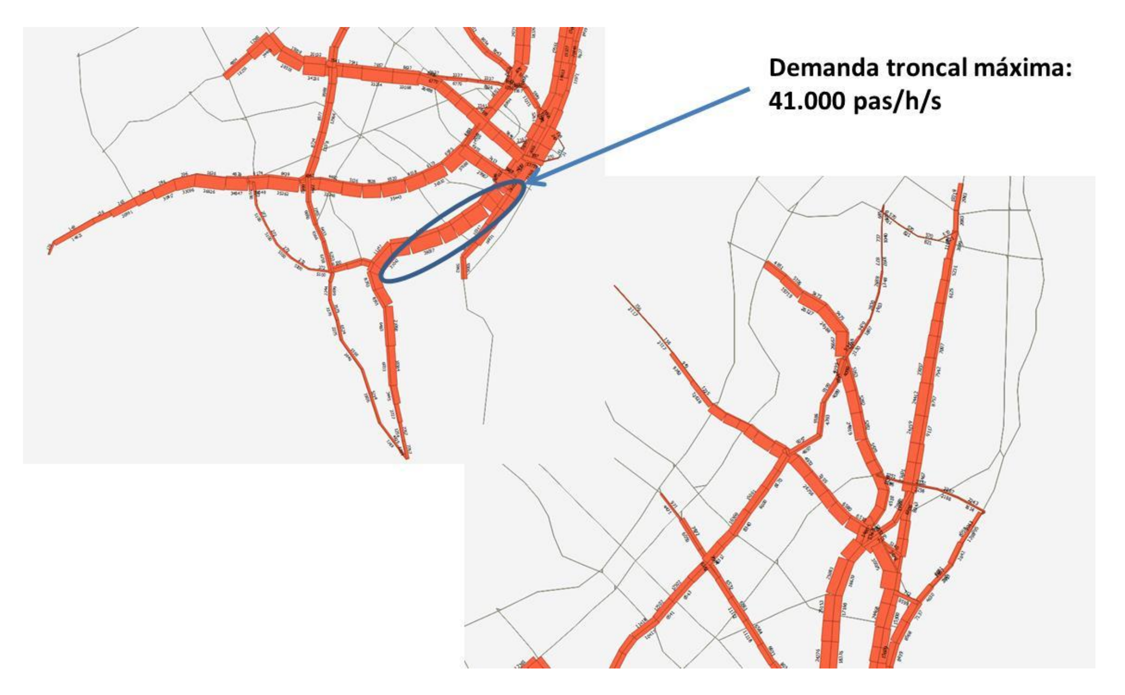




2.4.10. Escenario 2016

Luego de analizar los resultados, se puede observar que la troncal Avenida Boyacá cumple con su propósito de descongestionar la troncal Avenida Caracas, pues la demanda máxima se reduce desde 45.000 pasajeros por hora por sentido en la actualidad hasta 41.000 pasajeros por hora por sentido.

Ilustración 27. Volúmenes de transporte para el subsistema troncal en el Escenario 2016



Fuente. Modelo EMME4 calibrado por Steer Davies Gleave

Con los resultados anteriores, se realizó el diseño operacional para el cálculo de la flota que se requerirá para satisfacer las condiciones de demanda descritas en el modelo. La flota de bus dual tiene un incremento que principalmente se debe a los nuevos servicios propuestos que funcionen bajo esta modalidad. La flota de articulados aumenta también con respecto a las condiciones actuales, respondiendo a un crecimiento vegetativo de los usuarios dentro del Sistema. La flota de biarticulados tiene un incremento significativo con respecto a las condiciones actuales, puesto que los diseños para los servicios de la troncal Avenida Boyacá se hicieron con esta tipología vehicular. El total de flota troncal que se requiere según los resultados de demanda del modelo es de 2.227 vehículos.

Tabla 15. Flota requerida para la operación troncal en el Escenario 2016

Tipo Bus	Flota 2016
Bus Dual	327
Articulado	1.343
Biarticulado	557
Total	**2.227**

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.11. Escenario 2021

Los resultados del escenario 2021 para el subsistema troncal muestran un ligero repunte en demanda frente al escenario 2016. No obstante, si se toma en cuenta que en el 2021 ya se encuentra en operación la troncal Avenida 68, se observa una disminución proporcional en la demanda atendida por el troncal. Esto se puede explicar por la introducción del subsistema férreo en la ciudad, que absorbe parte de la demanda troncal.

Ilustración 28. Volúmenes de transporte para el subsistema troncal en el Escenario 2021

Fuente. Modelo EMME4 calibrado por Steer Davies Gleave



Con los resultados anteriores, se realizó el diseño operacional para el cálculo de la flota que se requerirá para satisfacer las condiciones de demanda descritas en el modelo. Por la entrada en operación del tranvía en la Carrera 7, los buses duales no se utilizarán en este corredor y por lo tanto no habrá requerimientos adicionales de esta tipología. La flota articulada disminuye marginalmente con respecto al escenario 2016, que responde a la demanda absorbida por la RML. Sin embargo, la flota biarticulada incrementa, pues la troncal Avenida 68 también se diseñó para operación en su totalidad con esta tipología. El total de flota troncal que se requiere según los resultados de demanda del modelo es de 1.990 vehículos.

Tabla 16. Flota requerida para la operación troncal en el Escenario 2021

Tipo Bus	Flota 2021
Bus Dual	-
Articulado	1.331
Biarticulado	659
Total	**1.990**

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.4.12. Escenario 2025

Los resultados del subsistema troncal en el escenario 2025 se ven fuertemente impactados por la entrada en operación de la Primera Línea de Metro. Este subsistema, al tener velocidades de recorrido mayores y una capacidad transportadora mayor se convierte en una alternativa atractiva para los usuarios de transporte público, incluyendo aquellos usuarios del Sistema TransMilenio. La demanda máxima troncal, ubicada en la troncal Avenida Caracas, disminuye hasta alcanzar 34.000 pasajeros por hora por sentido, bastante menor que la demanda máxima actual.







Ilustración 29. Volúmenes de transporte para el subsistema troncal en el Escenario 2025

Demanda troncal máxima:
34.000 pas/h/s

Fuente. Modelo EMME4 calibrado por Steer Davies Gleave

Los subsistemas férreos, metro ligero y pesado, absorben una porción significativa de la demanda troncal, y por ende se ve una disminución fuerte en los requerimientos de flota. La flota articulada requerida disminuye hasta los 1.208 vehículos, mientras que la flota biarticulada disminuye hasta los 555 vehículos. El total de flota troncal que se requiere según los resultados de demanda del modelo es de 1.763 vehículos.

Tabla 17. Flota requerida para la operación troncal en el Escenario 2025

Tipo Bus	Flota 2025
Bus Dual	-
Articulado	1.208
Biarticulado	555
Total	**1.763**

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios







2.4.13. Escenario 2035

En el escenario 2035 no se contempla nueva infraestructura de transporte, por lo cual se produce un incremento generalizado en la demanda en todos los subsistemas de transporte que responde al crecimiento vegetativo de la población en la ciudad.

Ilustración 30. Volúmenes de transporte para el subsistema troncal en el Escenario 2035

Fuente. Modelo EMME4 calibrado por Steer Davies Gleave

Como respuesta al crecimiento vegetativo de la población y de los viajes, la flota troncal requerida tiene un ligero repunte, para llegar a un total de 1.833 vehículos.

Tabla 18. Flota requerida para la operación troncal en el Escenario 2035

Tipo Bus	Flota 2035
Bus Dual	-
Articulado	1.225
Biarticulado	608
Total	**1.833**

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios





Por último, se presenta una gráfica con el comportamiento de los requerimientos de la flota troncal a lo largo de los cuatro escenarios modelados en este informe.

Ilustración 31. Comportamiento de los requerimientos de flota troncal en los 4 escenarios

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA FRENTE A LA DEMANDA

De conformidad con lo referido previamente se ha determinado que la proyección de flota necesaria para atender la posible demanda del sistema troncal total dentro del escenario considerado es:

Tabla 19. Dimensionamiento de la flota frente a la demanda

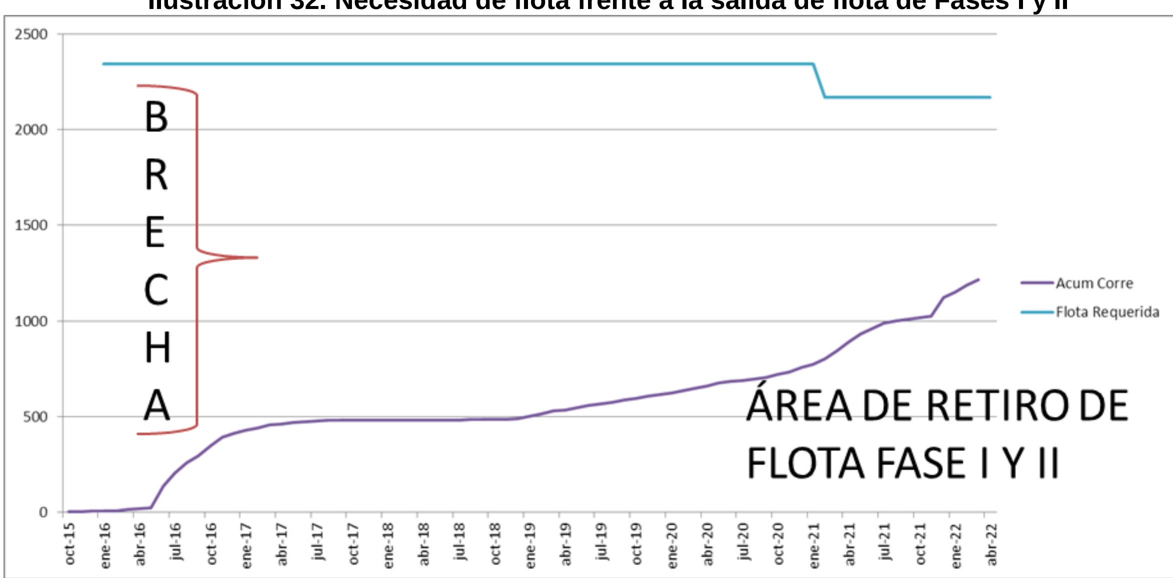
Tipo Bus	Flota 2016	Flota 2021	Flota 2025	Flota 2035
Bus Dual	327	**-**	-	-
Articulado	1.343	**1.331**	1.208	1.225
Biarticulado	557	**659**	555	608
Total	**2.227**	**1.990**	**1.763**	**1.833**

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios

Esta necesidad total de flota planteada en términos de Articulados para compararla con la salida de Fase I y Fase II nos presente la siguiente realidad



Ilustración 32. Necesidad de flota frente a la salida de flota de Fases I y II



Fuente. TRANSMILENIO S.A.

Esta realidad presentada nos llama a profundizar en la necesidad de la flota en la etapa de prefactibilidad y factibilidad, en particular por cuanto es previsible una reducción de buses en la medida que los otros modos de transporte se incorporan dentro del SITP.

3. IDENTIFICACION DE LA NECESIDAD-INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA

La construcción del Sistema TransMilenio se inició en el año de 1998 y fue inaugurado el 4 de diciembre de 2.000. Entró en operación el 18 del mismo mes con las troncales (líneas) de la Avenida Caracas (hasta la Avenida de los Comuneros o Calle Sexta) y la Calle 80.

A mediados del año 2001, el servicio se extendió con la tercera troncal de la Autopista Norte desde la estación Héroes, la cual funcionó durante un tiempo como fin de la línea hacia el norte, luego de unos meses se amplió el trayecto hasta la estación de Toberín, poco tiempo después se estrenó el Portal del Norte. En la actualidad, se ejecutaron obras y se extendió hacia el norte, dos kilómetros de vía troncal con dos estaciones sencillas llamadas Santa Fé y Terminal, la primera entró en operación a principios del año 2012. La estación Terminal está en proceso de entrega por parte del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

En el año 2001 también se ejecutó la construcción de un pequeño ramal al sur de la ciudad que une a la zona del Tunal (Avenida Villavicencio con Avenida Boyacá) con la Avenida Caracas.

En 2002 se extendió el Sistema a partir de la troncal de la Avenida Caracas por la Avenida Jiménez, atravesando el llamado Eje Ambiental y llegando al Centro Histórico de la ciudad,





con lo que finalizó la Fase I proyectada del Sistema y se dio inicio a la construcción de la Fase II.

El 27 de diciembre de 2003 se dio al servicio la troncal de la Calle 13 y la de la Avenida de Las Américas, con el corredor vial hacia la localidad de Kennedy, quedando integrado al ramal del Eje Ambiental. Se inauguraron las modernas estaciones de Banderas y el Portal de Las Américas, llegando a uno de los sectores más populosos de la capital.

El 1 de julio de 2005, luego de año y medio de obras, se entregó la tercera troncal de la Fase II, la moderna troncal de la Norte-Quito-Sur, que se desprende de la troncal Autopista Norte a la altura de la Calle 92 para unir con la estación Santa Isabel, en la Autopista Sur con Carrera 51. Esta troncal extendió a la estación General Santander el 15 de septiembre del mismo año.

A partir del 13 de febrero de 2006, se dio al servicio el conector de la Calle 80 con Autopista Norte, así, los Articulados pueden desplazarse de occidente a norte y viceversa, evitando a los pasajeros tener que hacer un trasbordo en la estaciones Calle 76 y Calle 72, lo cual logró descongestionar dichas estaciones.

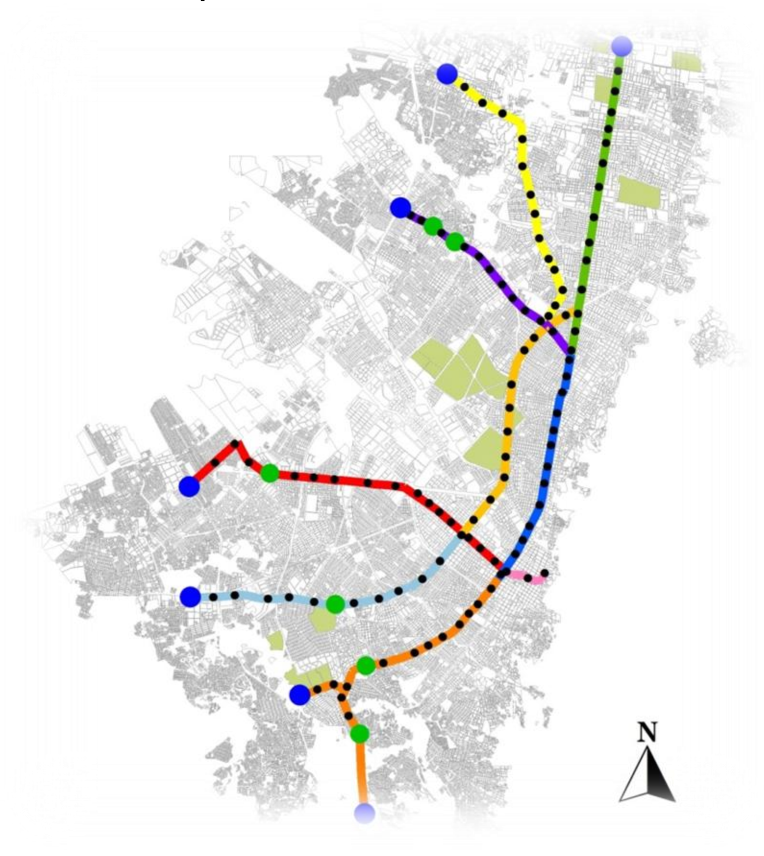
Sin embargo debido a problemas de diseño evidentes que podían causar una elevada accidentalidad, el conector fue reconstruido en el año 2008, y dado al servicio nuevamente en enero de 2009, contando con un nuevo puente vehicular que segrega la calzada de los buses articulados del resto del tráfico, y la ampliación del túnel existente (para empalmar con el puente).

El tramo de la Troncal de la Avenida NQS (de la Escuela General Santander al Portal del Sur), entró en operación el 15 de abril de 2006.

La Troncal de la Avenida Suba, fue puesta en servicio el 29 de abril de 2006 después de retrasos en puntos claves de la troncal como lo son el intercambiador Suba-NQS-Calle 80 y el Alto de la Virgen.

En la siguiente grafica se muestra es el esquema de la infrestructura del sistema troncal de las fases I y II:

Ilustración 33. Esquema de la Infraestructura del Sistema Troncal



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

Tabla 20. Convención de colores Sistema Troncal Fases I y II

Fase	Convención	Troncal	Longitud (Km)
I		Autonorte	10,3
I		Calle 80	10,1
I		Caracas Central	8,0
I		Caracas Sur	12
I		Eje Ambiental	1,9
II		Américas – Cl. 13	13
II		Suba	13
II		NQS Central	8,9
II		NQS Sur	10,4

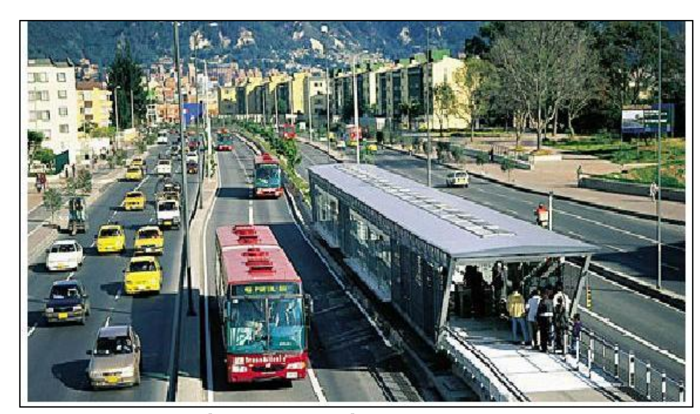
Fuente: TRANSMILENIO S.A.

3.1. ESTACIONES DEL SISTEMA TRONCAL FASES I Y II

En el Sistema TransMilenio existen cinco tipos de estaciones las cuales se describen a continuación:

3.1.1. SENCILLA

Cumplen con el servicio corriente de llegada y salida de pasajeros. Están ubicadas aproximadamente cada 500 metros una de la otra. La mayoría de estas estaciones son del tipo que se muestra en la fotografía.



Fotografía 1. Estación Sencilla Calle 80.

3.1.2. SENCILLA DE TRANSFERENCIA

Permiten el cambio entre dos troncales diferentes, a través de un túnel subterráneo en zona pagada. Las estaciones de transferencia se encuentran ubicadas en la Avenida Jiménez que conecta las troncales de Avenida Caracas con la Avenida de Las Américas, la estación Ricaurte que conecta la Avenida de Las Américas con la troncal NQS, Norte-Quito-Sur.



Fotografía 2. Estación Sencilla de Transferencia Ricaurte

3.1.3. SENCILLA SIN INTERCAMBIO

No permiten el cambio entre sentidos norte-sur a sur-norte. Este tipo de estaciones se encuentran ubicadas en la Autopista Norte y en el ramal del Tunal, debido a condiciones de espacio en la vía. Técnicamente son estaciones sencillas en cuando a su forma de funcionamiento.



Fotografía 3. Estación Sencilla sin Cambio entre Sentidos

Adicionalmente a las condicionantes operativas, existen otras condicionantes por TRANSMILENIO S.A. y que fueron tenidas en cuenta por los arquitectos para realizar el diseño definitivo de las Estaciones Sencillas, y son las siguientes:



Las estaciones deben ser arquitectónicamente livianas, tratando de generar el menor impacto urbano posible y evitar grandes cimentaciones. También deben ser estructuralmente modulares, de fácil montaje y con piezas estándar del mercado.
Las estaciones deben ser muy transparentes de tal manera que los peatones desde afuera puedan ver al interior de la estación y viceversa, aumentando así la seguridad dentro del "área paga".

Los constructores de las Estaciones Sencillas deben tener siempre en cuenta las condicionantes mencionadas en los dos numerales anteriores y asegurarse de que en la construcción se garantice el cumplimiento de las mismas.

3.1.4. INTERMEDIAS

A las cuales tienen acceso los servicios alimentadores, son las estaciones Avenida Cali, Granja – Carrera 77, Calle 40 Sur, Molinos, Banderas y General Santander.



Fotografía 4. Estación Intermedia Banderas

3.1.5. CABECERA (PORTALES)

Ubicadas en zonas de entrada de la ciudad y a la que además de los alimentadores y los buses articulados, llegan autobuses intermunicipales de la zona metropolitana. Cuentan con otros servicios, como cicloparqueos, zonas de teléfono, cajeros automáticos y baños públicos. Éstos portales son llamados: Norte, Suba, 80, Las Américas, Sur, Tunal y Usme.







Fotografía 5. Estación Cabecera Portal

El siguiente cuadro totaliza la cantidad de estaciones de las fases I y II del sistema troncal según su tipo:

Tabla 21. Estaciones Sistema Troncal Fases I y II

TIPO	CANTIDAD	UBICACIÓN	
		Fase I	Fase II
Portales	7	4	3
Estaciones Intermedias	6	4	2
Estaciones Sencillas	106	54	48
TOTAL	**115**	**62**	**53**

Fuente: TRANSMILENIO S.A.

3.2. VAGONES (Módulos)

La distribución de los vagones en el sistema troncal en las Fases I y II se configura de acuerdo a la convención que se describe a continuación:

W1: Este es un módulo típico de acceso con 2 plataformas cubiertas, el cual tiene de una longitud de 48.0 m, el cual se divide en; una zona de acceso de 12.0 m, seguido de una plataforma de 14.4 m, un intervalo de 4.8 m, una plataforma de 14.4 m y un intervalo final de 2.4 m.

W2: Este es un módulo típico interior con 2 plataformas cubiertas, el cual tiene de una longitud de 40.8 m, el cual se divide en; un intervalo de 4.8 m, seguido de una plataforma de 14.4 m, un intervalo de 4.8m, una plataforma de 14.4m, y un intervalo de 2.4 m.

W3: Este es un módulo típico de acceso con una plataforma cubierta, el cual tiene de una longitud de 31.2 m, el cual se divide en; un acceso de 12.0 m, una plataforma de 14.4 m, y un intervalo de 4.8m.

W4: Este es un módulo típico interior con una plataforma cubierta, el cual tiene una longitud de 24.0 m, el cual se divide en; un intervalo de 4.8 m, seguido por una plataforma de 14.4 m, y un intervalo de 4.8 m.

3.2.1. Alternativas de combinación de vagones (módulos)

Dentro de las posibles alternativas de combinación de vagones en el sistema troncal de las Fases I y II se tienen contempladas las siguientes:

PATRON 1: Con 2 accesos y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: Rampa- W1-Modulo de transición descubierto de 34 m-W2- Modulo de transición descubierto de 34 m -W3-Rampa.

PATRON 2: Con 2 accesos y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: Rampa- W1- Modulo de transición descubierto de 34 m -W1-Rampa.

PATRON 2: Con 1 acceso y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: W2- Modulo de transición descubierto de 34 m -W1- Rampa.

PATRON 3: Con 2 accesos y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: Rampa- W3- Modulo de transición descubierto de 34 m -W3-Rampa.

PATRON 3: Con 1 acceso y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: Rampa W3- Modulo de transición descubierto de 34 m -W4.

PATRON 4: Con 1 acceso y se configura con los módulos típicos de la siguiente manera: Rampa- W1.

3.2.2. Ancho de Estaciones

El ancho de estaciones aplica para todos los vagones y su dimensionamiento se relaciona de la siguiente forma:

W1, W2, W3, W4: Estos vagones pueden tener un ancho de:

- Cinco metros (5m); con plataformas de alimentación en los dos costados.
- Siete metros (7m); con plataformas de alimentación en los dos costados.
- Tres metros con cincuenta centímetros (3.50m); con plataforma de alimentación en un solo costado.

Las estaciones sencillas, intermedias y de transferencia que conforman la infraestructura del Sistema TransMilenio, están discriminada de acuerdo a los tipos de vagones que las constituyen. La siguiente tabla resume la configuración de las estaciones:

Tabla 22. Configuración de las Estaciones del Sistema Troncal Fases I y II

FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	VAGONES
FASE I	AV. CARACAS	Molinos	W1 + W1
		Consuelo	W3 + W4
		Socorro	W3 + W4
		Santa Lucia	W1 + W1
		Parque	W1 / W1
		Biblioteca	W1 / W1
		Cl. 40 Sur	W3+W2+W1
		Quiroga	W3+W4
		Olaya	W3+W4
		Restrepo	W3+W4
		Fucha	W3+W4
		Nariño	W3+W4
		Hortúa	W3+W3
		Hospital	W3+W4
		Tercer Milenio	W3+W2+W1
		Jiménez	W3+W2+W1
		Cl. 19	W3+W2+W1
		Cl. 22	W3+W2+W1
		Cl. 26	W3+W2+W1
		Profamilia	W3+W2+W1
		Av. 39	W3+W2+W1
		Cl. 45	W3+W2+W1
		Marly	W3+W2+W1
		Cl. 57	W3+W2+W1
		Cl. 63	W3+W2+W1
		Flores	W1+W1
		Cl. 72	W3+W2+W1
		Cl. 76	W3+W2+W1
	CALLE 80	Quirigua	W1
		Cr. 90	W1
		Av. Cali	W1
		Granja	W1



FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	VAGONES
		Cr. 77	W1+W4+W3
		Minuto de Dios	W1
		Boyacá	W1
		Ferias	W1
		Avenida 68	W1
		Cr. 53	W1
		Cr. 47	W1
		Escuela Militar	W1 + W2
		Polo	W1
	AUTOPISTA NORTE	Héroes	W1+W2+W8
		Cl. 85	W2+W1 / W3+W4 / W4+W3
		Virrey	W1+W2+W2
		Cl. 100	W1+W2+W1
		Cl. 106	W3+W4 / W4+W3
		Pepe Sierra	W2+W1
		Cl. 127	W2+W1
		Prado	W2+W4+W3
		Alcalá	W1+W2+W5
		Cl. 142	W3+W4 / W4+W3
		Cl. 146	W3+W4
		Mazurén	W3+W4 / W4+W3
		Cardio Infantil	W3+W4 / W4+W3
		Toberín	W3+W4 / W4+W3
		Santa Fé	W2+W2
		Terminal	W2+W2
	EJE AMBIENTAL	Museo Del Oro	W1
		Las Aguas	W1
		Av. Jimenez	W1+W1 / W1+W1
FASE II	AMÉRICAS	Patio Bonito	W1+W2 / W2+W1
		Biblioteca Tintal	W1+W2 / W2+W1
		Tv. 86	W2+W2+W2+W2
		Mandalay	W2+W2+W2+W2
		Mundo Aventura	W2+W2+W2+W2
		Marsella	W4+W2+W2 / W4+W2+W2
		Pradera	W4+W4 / W4+W4







FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	VAGONES
		Américas Cr. 53A	W2+W2 / W2+W2
	CALLE 13	Puente Aranda	W3+W4
		Cr. 43	W3+W3
		Zona Industrial	W3+W3
		CDS Cr. 32	W3+W3
		Ricaurte	W3+W2+W1
		San Fason Cr. 22	W1+W1
		De la Sabana	W3+W3
	NQS	Perdomo	W3+W4
		Madelena	W3+W4
		Sevillana	W3+W4
		Venecia	W3+W4
		Alquería	W3+W4
		General Santander	W2+W1 / W2+W1
		NQS Cl. 38 A sur	W3+W4
		NQS Cl. 30 Sur	W3+W4
		SENA	W3+W4
		Santa Isabel	W3+W4
		Comuneros	W1+W1
		Ricaurte	W3+W2+W1
		Paloquemao	W2+W1
		CAD	W1+W1
		Av. Dorado	W1
		U. Nacional	W1+W2+W3
		Campín	W1+W2
		Coliseo	W1+W2
		Simón Bolívar	W1+W2
		Av. Chile	W4+W2+W2 / W4+W2+W2
		NQS Calle 75	W2+W2 / W2+W2
		La Castellana	W4+W4 / W4+W4
	SUBA	La campiña	W3+W4
		Suba Tv. 91	W3+W4
		21 Ángeles	W3+W4
		Gratamira	W3+W4
		Suba Av. Boyacá	W4+W4





FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	VAGONES
		Niza Cl. 127	W3+W3
		Humedal Córdoba	W3+W4
		Shaio	W3+W4
		Puente Largo	W3+W4
		Suba Cl. 100	W3+W4
		Suba Cl. 95	W3+W4
		Rionegro	W3+W4
		San Martin	W3+W4

Fuente: Dirección Técnica de BRT.

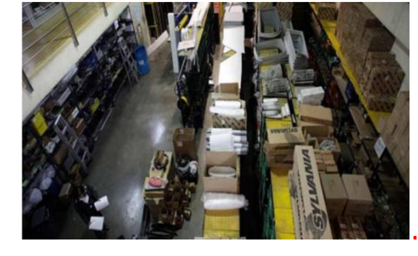
3.3. PATIOS DEL SISTEMA TRONCAL FASES I Y II

Para que los Operadores del sistema Troncal de las Fases I y II puedan ejercer sus actividades propias para la prestación del servicio dentro de sus responsabilidades contractuales, TRANSMILENIO S.A. ha destinado para ellos unos espacios provistos de áreas para sedes administrativas, talleres, lavado, abastecimiento de combustible y mantenimiento, esta infraestructura hace parte de lo que se entrega al concesionario para que este realice su operación dedicada al alistamiento del bus, con las actividades de lavado, aseso, revisión general y aquellas de mantenimiento menor o mayor de la flota, la ilustración siguiente representa algunas de las actividades que se realizan en estas dependencias:

Ilustración 34. Actividades Patio Calle 80







Fuente: TRANSMILENIO S.A.

La infraestructura hace parte del sistema Transmilenio y de ella se derivan responsabilidades del concesionario sobre la misma y de las relaciones contractuales entre las partes. Hoy la distribución de estas responsabilidades se aprecia en la siguiente gráfica:



Ilustración 35. Distribución de Responsabilidades del Sistema Troncal



Fuente: TRANSMILENIO S.A.

La futura fase de movilidad limpia parte de los patios de Fase I y II existentes, pero debe replantear las responsabilidades sobre la infraestructura al incorporar componentes de nuevas tecnologías, los patios existentes en el sistema se detallan a continuación:

Tabla 23. Patios del Sistema Troncal Fases I y II

	PATIO - GARAJE	OPERADOR TRONCAL	CAPACIDAD
FASE I	Calle 80	Express del Futuro	96 Articulados Patio Original + 80 Alimentadores Patio Provisional
	Usme	SI 99	179
	Tunal	Metrobus	94
	Norte	Ciudad Móvil	140
	Calle Sexta	Express del Futuro	38
FASE II	Américas	Somos K	182
	Sur	Connexión Móvil	120
	Suba	Transmasivo	185
	Hoja	TRANSMILENIO S.A.	60

Fuente. Subgerencia Técnica y de Servicios





3.3.1. Patio La Hoja

Ilustración 36. Patio la Hoja



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio dispone de 60 bahías de parqueo.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** no se almacena combustible.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** no se realiza lavado

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** no se realiza mantenimiento

5. **Áreas administrativas:** 88.37 metros cuadrados

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** no cuenta con espacio para futuro desarrollo.

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con dos (2) accesos distribuidos en:
    - Entrada peatonal por la calle 19
    - Ingreso articulados por la NQS

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:** Ninguno. El patio aplica únicamente para parqueo.

3.3.2. Patio Calle Sexta

Ilustración 37. Patio Calle Sexta



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio dispone de 38 bahías de parqueo.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** no se almacena combustible.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** no se realiza lavado

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** no se realiza mantenimiento.

5. **Áreas administrativas:** 190 metros cuadrados

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura**: no cuenta con espacio para futuro desarrollo.

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con dos (2) accesos distribuidos en:
    - Entrada peatonal por la calle 6
    - Los articulados ingresan por la calle 6

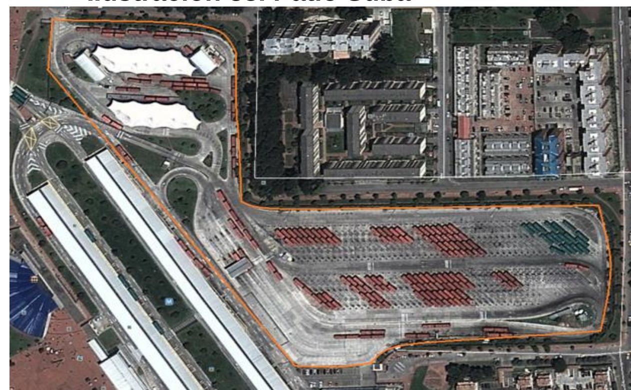
8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:** Ninguno. El patio aplica únicamente para parqueo.





3.3.3. Patio Suba

Ilustración 38. Patio Suba



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio cuenta con 185 parqueaderos para buses además de 31 parqueaderos para vehículos pequeños para el área administrativa y visitantes.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** el patio cuenta con tres (3) tanques subterráneos de 10.000 galones cada uno

3. **Descripción y capacidad de lavado:** Se cuenta con un cárcamo para lavado el cual se utiliza durante el día para lavado de caja, chasis y diferencial y en la noche se lava externamente un promedio de 190 articulados.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con ocho (8) cárcamos para mantenimiento, ocho (8) bahías de carrocerías y dos (2) hangares

5. **Áreas administrativas:** el patio cuenta con dos (2) edificios y dos (2) contenedores

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** Ninguna

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con tres (3) accesos distribuidas así:

    - Ingreso al área administrativa por la avenida Suba
    - Acceso de proveedores por la avenida ciudad de Cali
    - Acceso de articulados y alimentadores por el portal Suba

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:**





- Planta de tratamiento para recirculación
- Opacímetro
- Equipo de mantenimiento de llantas
- Túneles de lavado
- Policadoras
- Centro de mantenimiento de motores

3.3.4. Patio Usme

Ilustración 39. Patio Usme



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio cuenta con 180 parqueaderos para buses de SI99, 109 parqueaderos para buses de SI03 y 15 parqueaderos para buses de Ciudad Móvil.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** La estación de combustible cuenta con tres (3) tanques de combustible de la siguiente capacidad:
   - Tanque 1: 9588 Galones
   - Tanque 2: 9653 Galones
   - Tanque 3: 9673 Galones

   Capacidad total de almacenamiento: 28.914 Galones.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** El área de lavado está compuesta por 2 trenes de lavado y una planta de tratamiento la cual cuenta con tres tanques, de reserva con una capacidad de 273 metros cúbicos en donde se almacena agua recirculada y aguas lluvias, un tanque de homogenización de 32.5 metros cúbicos de capacidad y un tanque de tratamiento con 32.5 metros cúbicos de capacidad el cual está dividido

en 5 piscinas. La planta cuenta con 2 trampas de grasa con una capacidad de 5 metros cúbicos. Diariamente se lavan en promedio 280 buses, con una duración de 1.5 minutos con cada uno.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con catorce (14) cárcamos para mantenimiento y cuatro (4) bahías de pintura

5. **Áreas administrativas:** El patio Usme cuenta con las siguientes áreas administrativas:
   - Un edificio administrativo para apoyo a la operación con un área construida de 1043 metros cuadrados. Además cuenta con espacios para restaurante, oratoria y gimnasio.
   - Un área de 332 metros cuadrados de dos pisos con doble altura destinados prioritariamente a bodegaje

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** En el año 2013 se finalizó la construcción del Teatro Publio Martínez Ardila, con un área construida de 8765.2 metros cuadrados, espacio creado para los colaboradores de la organización y la comunidad.

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con dos (2) accesos distribuidas así:
   - Costado norte acceso vehicular por la avenida Caracas
   - Costado sur acceso vehicular y peatonal

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:** El patio cuenta con las herramientas especializadas para realizar todos los mantenimientos correspondientes a los vehículos, tales como opacímetro, máquina de análisis de aceites, tanques de almacenamiento, mezcladoras de pinturas y compresores.

3.3.5. Patio de Sur

Ilustración 40. Patio Sur



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio cuenta con 30729 metros cuadrados en lozas de concreto, por lo cual se disponen de 120 bahías de parqueo, sin embargo en la actualidad parquean 198 buses compuestos por 24 alimentadores y 174 articulados.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** el patio cuenta con tres (3) tanques de 10.000 galones cada uno, pero por seguridad se almacenan 9.000 galones en cada tanque, para una capacidad total del patio de 27.000 galones.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** El patio tiene una máquina para lavado de móviles y dos (2) cárcamos para el lavado de chasises.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con ocho (8) cárcamos, dos (2) hangares y siete (7) zonas de parqueo.

5. **Áreas administrativas:** Se encuentran distribuidas así:

   - Área administrativa: 512.8 metros cuadrados
   - Almacén: 331.7 metros cuadrados
   - Latonería y pintura: 300.2 metros cuadrados.
   - Punto acopio residuos: 30 metros cuadrados
   - Contenedores: 4 de 40 pies
   - Cafetería: 189 metros cuadrados
   - Gimnasio: 78.57 metros cuadrados

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** El patio cuenta con una zona verde de 4.207 metros cuadrados para futuros proyectos.

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con tres (3) accesos distribuidas:
   - Entrada peatonal localizada en la calle 57 Q sur No. 65 - 64
   - Entrada para vehículos particulares calle 57 B Sur No. 72 B - 00
   - Entrada y salida que comunica al patio con el portal

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:**
   - Planta de tratamiento para recirculación
   - Opacímetro
   - Elevador 6 columnas
   - Desmontadora
   - Kit electrónico de inspección de llantas
   - Sistema de diagnostico

- Línea de vida
- Equipo de alineación
- Contenedor metrología herramientas
- Banco de prueba para puertas
- Balanceadora
- Lámpara de secado
- Equipos de soldadura eléctrica y MIC
- Equipos de oxicorte

3.3.6. Patio de las Américas

Ilustración 41. Patio Américas



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio cuenta con 180 bahías de parqueo, sin embargo en la actualidad parquean 286 buses.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** el patio cuenta con una capacidad de almacenamiento de 40.000 galones.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** el patio cuenta con dos (2) arcos de lavado.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con 18 cárcamos para mantenimiento de los troncales.

5. **Áreas administrativas:** El patio cuenta con un total de 1380.12 metros cuadrados para el área administrativa, las cuales se encuentran distribuidas así:

    - Edificio administrativo: cocina, cafetería, terrazas, oficinas administrativas con un total de 785 metros cuadrados.
    - Edificio de bodegas: 426 metros cuadrados
    - Porterías: 59.12 metros cuadrados.
    - Capilla: 30 metros cuadrados
    - Edificio de lavado: 45 metros cuadrados
    - Edificio para lubricación: 35 metros cuadrados.

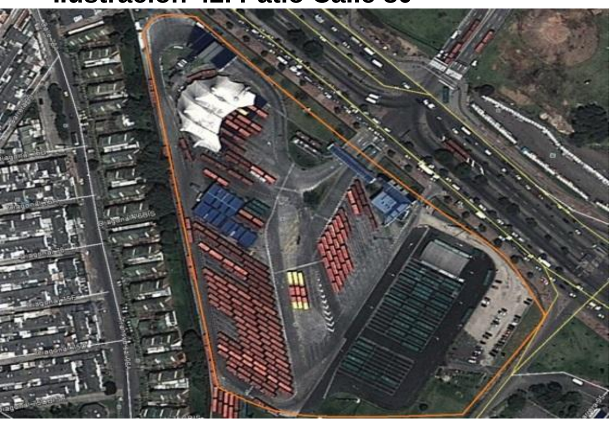
6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** Construcción y adecuación de 80 parqueaderos en la parte sur occidental del patio lo cual es actualmente zona verde.

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con cuatro (4) porterías distribuidas:
    - Una entrada para buses articulados
    - Una salida para buses articulados
    - Una entrada peatonal por el interior del portal
    - Una entrada para vehículos y para personal particular.
    - Una portería que se encuentra fuera de servicio.
    - Además se cuenta con andenes y cebras para el tránsito peatonal dentro del patio.

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:**
    - Planta de tratamiento para recirculación
    - Opacímetro
    - Elevador 6 columnas
    - Desmontadora
    - Kit electrónico de inspección de llantas
    - Sistema de diagnostico
    - Línea de vida
    - Equipo de alineación
    - Contenedor metrología herramientas
    - Banco de prueba para puertas
    - Balanceadora
    - Lámpara de secado
    - Equipos de soldadura eléctrica y MIC
    - Equipos de oxicorte

3.3.7. Patio de la Calle 80


Ilustración 42. Patio Calle 80



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio de la calle 80 tiene un área de 30.000 metros cuadrados y tiene una capacidad de parqueo de 134 buses.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** el patio cuenta con tres (3) tanques subterráneos de 10.000 galones cada uno los cuales suministran combustible a tres (3) surtidores que manejan 5 posiciones de alta entrega.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** tiene una capacidad instalada para realizar lavado de aproximadamente 200 buses, tiene planta de tratamiento de agua, la cual permite su recirculación durante 45 días aproximadamente.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con seis (6) cárcamos para mantenimiento, cuatro (4) de los cuales tienen sistema de lubricación instalado y los dos (2) restantes para aplican para solucionar novedades de mantenimiento diarias.

5. **Áreas administrativas:** el patio cuenta con 1242 metros cuadrados para áreas administrativas.

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** Ninguna

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con tres (3) accesos distribuidas así:



- Dos accesos principales por el costado norte (Avenida calle 80)
- Acceso de emergencia por el costado oriental (carrera 96)

8. **Equipos asociados a la gestión de la flota:**
    - Planta de tratamiento para recirculación
    - Opacímetro
    - Equipo de mantenimiento de llantas
    - Software SIEF y GOAL para atender las necesidades de programación, operación y mantenimiento de la flota.

3.3.8. Patio Tunal

Ilustración 43. Patio Tunal



Fuente: Google Earth, TRANSMILENIO S.A.

De este patio se relacionan algunas características específicas propias para la prestación del servicio troncal de Fases I y II entre las que se destacan las siguientes:

1. **Descripción y capacidad actual del patio para gestión de vehículos:** El patio cuenta con 94 parqueaderos para buses articulados.

2. **Descripción y capacidad de suministro y almacenaje de combustible:** el patio cuenta con dos (2) tanques de 9.600 galones cada uno, un surtidor y dos (2) pistolas que dispensan entre 16 y 18 galones por minuto.

3. **Descripción y capacidad de lavado:** Se cuenta con un (1) cárcamo para lavar manualmente dos (2) buses simultáneamente.

4. **Descripción y capacidad para mantenimiento:** el patio cuenta con cinco (5) cárcamos y cuatro (4) espacios sencillos para buses articulados.







5. **Áreas administrativas:** el patio cuenta con un (1) edificio central de 600 metros cuadrados.

6. **Proyección futura y desarrollo de la infraestructura:** Ninguna

7. **Disposición de accesos y vías:** el patio cuenta con tres (3) accesos distribuidas así:
   - Acceso por la avenida Boyacá
   - Acceso por la avenida Villavicencio
   - Acceso por la transversal 24 sur

3.4. MANTENIMIENTO DE LA MALLA VIAL

3.4.1. TRONCALES FASE I

Una vez puestas en operación las troncales de la Fase I de TransMilenio, se evidenciaron daños prematuros en la estructura del pavimento, lo que originó que el IDU contratara estudios especializados para determinar las razones de los daños.

Debido a la presencia de daños prematuros en las losas de concreto hidráulico en las troncales Autopista Norte-Caracas y concreto asfáltico en la troncal Calle 80, el IDU contrato a partir del año 2003 el mantenimiento de las calzadas vehiculares (solo bus y mixtas) de dichas troncales.

Los tipos de daños evidenciados en las troncales Autopista Norte y Avenida Caracas se clasifican de la siguiente forma:

TIPOS DE DAÑO

Ilustración 44. Tipos de Daño en Vía

(3) (1) (6) (2) (7) (10) (5) (8) (4) (9)

Fuente: IDU





(1) Fisuras Transversales
(2) Fisuras Longitudinales
(3) Fisuras de Esquina
(4) Losas Subdivididas
(5) Hundimiento
(6) Bache
(7) Deterioro Total
(8) Deficiencia de Sello
(9) Bombeo
(10) Desportillamiento

En las dos fotografías se muestran los daños de la estructura vial de acuerdo al esquema relacionado anteriormente:



Fotografía 6. Daño en vía tipo Fisura

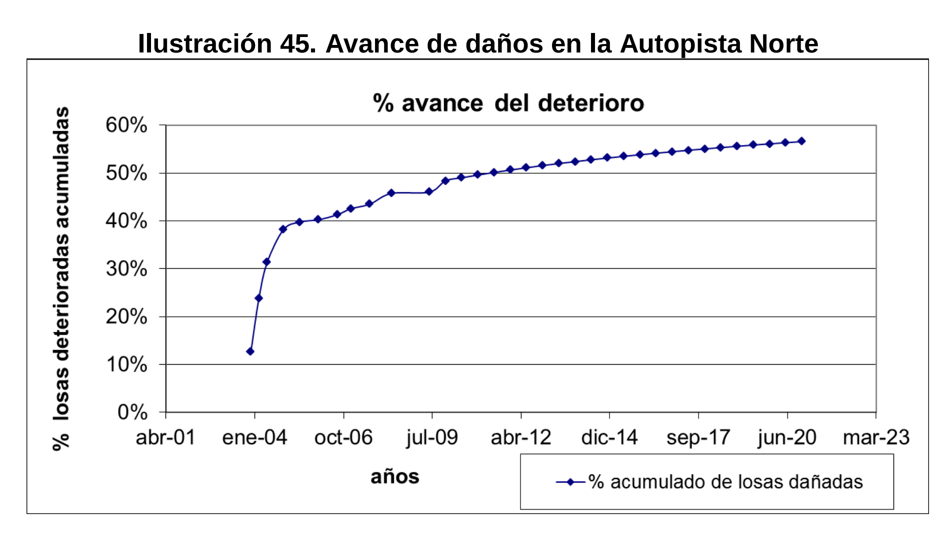


Fotografía 7. Daño en vía tipo Total



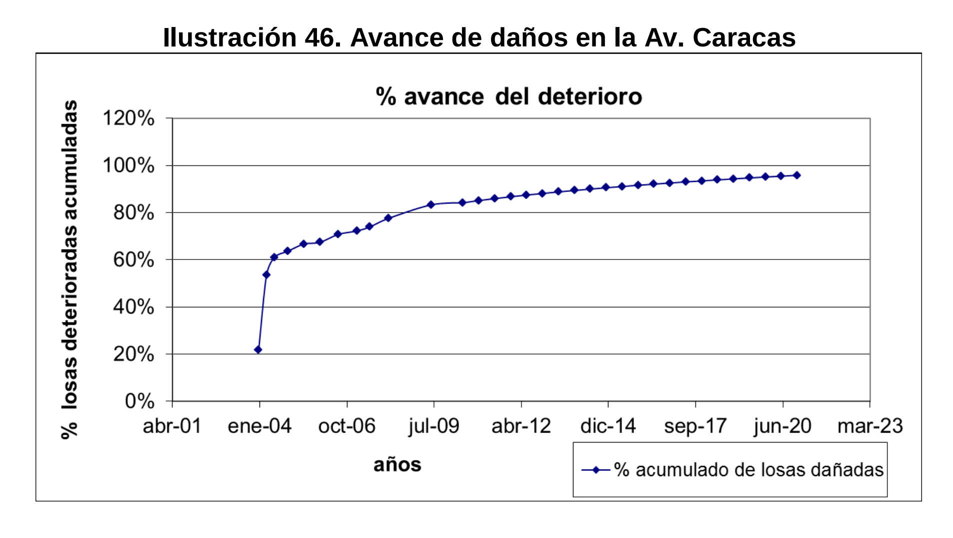
Los daños en la estructura vial se estiman que aumenten considerablemente en función del tiempo según estimativos estadísticos del Instituto de Desarrollo Urbano-IDU. En las siguientes graficas se muestra el avance de daños para la Autopista Norte y la Avenida Caracas.

Ilustración 45. Avance de daños en la Autopista Norte



Fuente: IDU

Ilustración 46. Avance de daños en la Av. Caracas



Fuente: IDU





3.4.2. Estructura de Pavimento Fase I

De acuerdo con lo anterior, actualmente en la troncal Autopista Norte y Avenida Caracas se pueden encontrar las siguientes estructuras del pavimento:

Estructura Construida:

Ilustración 47. Estructura de pavimento Construida



Losa Concreto Hidráulico e= 20 a 25 cm.

Relleno Fluido e= 3 a 50 cm.

Carpeta asfáltica o Base granular e= Variable

Estructura diseñada para reparaciones por mantenimiento:

Ilustración 48. Estructura de Pavimento diseñada para reparaciones por



Losa Concreto Hidráulico e= 25 a 28 cm.

Carpeta asfáltica e= 15 cm.

Carpeta asfáltica o Base granular e= Variable

Estructura implementada para reparaciones actuales:

Ilustración 49. Estructura de pavimento implementada para reparaciones



Carpeta asfáltica e= 25 a 30 cm.

Carpeta asfáltica o Base granular e= Variable

De acuerdo a un estudio adelantado por el IDU, a través del cual se analizó la vida remanente de la estructura de pavimento utilizando el método de la Portland Cement Association (PCA)

Este método permite controlar desde el diseño el comportamiento de la estructura por erosión y por fatiga, siendo la erosión el parámetro más crítico. Como resultado del análisis adelantado se encontró valores de erosión superiores a 100 el cual es el valor máximo admisible.

Lo anterior sumado al avance de daños que presentan la Autopista Norte y la Avenida Caracas, significa que las estructuras de pavimento actualmente no cuentan con vida remanente.

Respecto a la troncal Calle 80, se puede decir que el IDU a través de los contratos de mantenimiento ha venido adelantando diagnósticos del estado que presenta la estructura del pavimento, lo cual ha permitido realizar rehabilitaciones en varios de sus tramos, generando condiciones de movilidad adecuadas.

3.5. FASE II

Las troncales de la Fase II de TransMilenio comprendieron una vez terminó la Etapa de Construcción el inicio de la Etapa de mantenimiento por Cinco (5) años. Las calzadas de solo bus de estas troncales fueron construidas en pavimento rígido mejorando las especificaciones técnicas de las troncales de la Fase I lo cual ha permitido que las intervenciones por mantenimiento correctivo hayan sido mínimas, manteniéndose periodo de diseño.



Fotografía 8. Vía Pavimento Rígido

El siguiente cuadro muestra las intervenciones por mantenimiento que ha realizado el IDU en las calzadas vehiculares de las troncales de las Fases I y II de TransMilenio:



Tabla 24. Intervenciones por Pavimento realizadas por el IDU

TRONCAL	No DE LOSAS	No CONTRATO	CANTIDAD LOSAS REPARADAS	VALOR CONTRATO	VALOR INTERVENCIÓN LOSAS	ESTADO DEL CONTRATO
Autopista Norte	24.753	480-2002	22	$ 488.660.105	$ 235.246.980	Liquidado
		Brigada Exhuecos	27	Convenio IDU-SOP	$ 81.874.463	Liquidado
		143-2003	45	$ 265.600.000	$ 238.727.457	Liquidado
		184-2003	863	$ 9.860.958.882	$ 4.944.434.518	Liquidado
		073-2006	814	$ 9.498.380.495	$ 6.577.000.000	Liquidado
		077-2009	1.967	$ 20.503.115.394	$ 15.918.683.263	Terminado
		083-2012	291	$ 7.338.145.305		Ejecución
		TOTAL	4.029			
Caracas	16.997	480-2002	29	$ 488.660.105	$ 253.413.125	Liquidado
		144-2003	35	$ 265.600.000	$ 265.000.000	Liquidado
		185-2003	1037	$7.422.613.412	$ 6.596.099.289	Liquidado
		072-2006	804	$ 8.509.811.346	$ 6.737.000.000	Liquidado
		083-2009	2103	$ 21.536.922.741	$ 16.869.034.515	Terminado
		071-2012	202	$ 4.481.451.179		Ejecución
		TOTAL	4.210			
Calle 13-Américas	19.861	076-2009	0	$ 19.004.109.402	$ 0	Terminado
NQS	63.417		0		$ 0	Terminado
Suba	21.623		0		$ 0	Terminado

Fuente: IDU







3.6. AMPLIACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA

Las ampliaciones en la infraestructura del Sistema constituyen otro paso fundamental en el mejoramiento del servicio, pues su implementación está orientada a ofrecer a los usuarios de TransMilenio, mayores condiciones de seguridad, disminuir sus tiempos de desplazamiento y reducir los factores de congestión en las estaciones, lo cual redunda en una mayor calidad de vida para los ciudadanos.

3.6.1. Estación Pepe Sierra

La propuesta de solución para la Estación Pepe Sierra incluye la construcción de un nuevo vagón en el costado sur de la estación existente. En este sitio, se requiere la construcción de un retorno operacional en el costado sur de la estación. Adicionalmente, y como parte de una fase posterior se prevé la construcción de un puente peatonal en el costado sur de la estación, de modo que éste provea simultáneamente acceso a los usuarios de dicha estación y a los de la estación Calle 106.

Ilustración 50. Ampliación Estación Pepe Sierra



Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios

3.6.2. Estación Toberín

Se espera realizar la intervención completa de la Estación Toberín. La propuesta de solución para la Estación Toberín consiste en la implantación de una nueva estación bidireccional de cinco (5) metros de ancho, ubicada en el costado sur del puente peatonal existente.

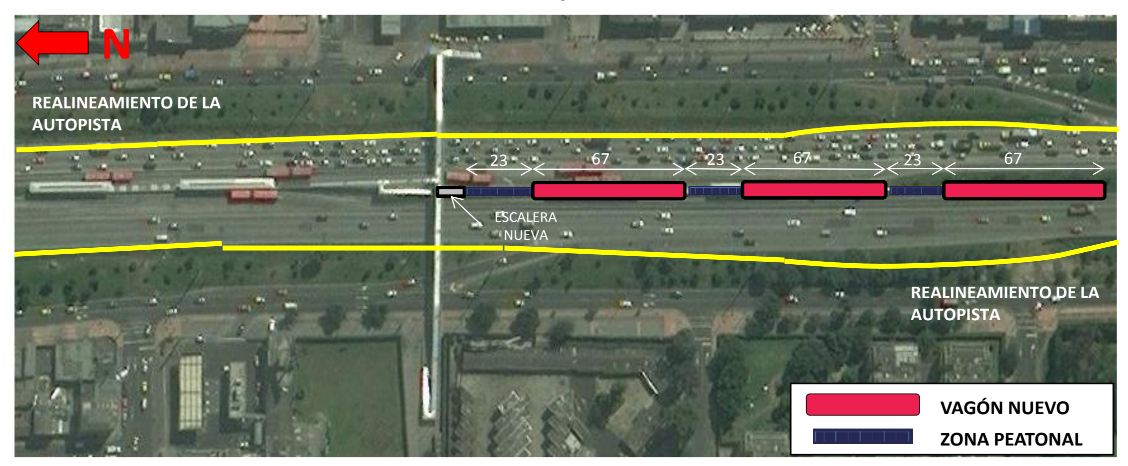
Debido a que, con la intervención descrita anteriormente se espera incrementar la capacidad de la estación Toberín, se hace necesario mejorar las condiciones de accesibilidad a dicha estación, para esto se plantea la construcción de una escalera adicional a la rampa existente.







Ilustración 51. Ampliación Estación Calle 127



Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios

3.6.3. Estación Calle 127

La propuesta de solución para la Estación Calle 127 incluye la construcción de un nuevo vagón en el costado sur de la estación existente.

Teniendo en cuenta que, con la intervención antes descrita se prevé incrementar la capacidad de la estación Calle 127, surge la necesidad de mejorar las condiciones de accesibilidad a la estación, para esto se plantea la construcción, en una etapa posterior, de un puente peatonal para generar un segundo acceso de usuarios en el costado sur de la estación.

Ilustración 52. Ampliación Estación Toberín



Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios





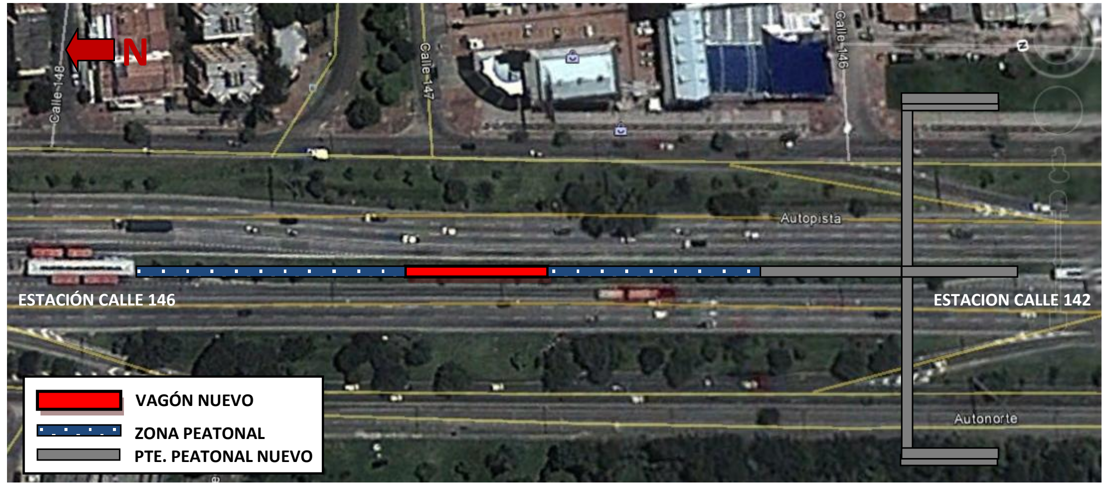

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

3.6.4. Estaciones Calle 146 – Calle 142 – Mazurén

Se espera realizar los diseños de la Ampliación de las Estaciones Calle 146 – Calle 142 - Mazurén. Teniendo en cuenta que, con la intervención prevista para estas Estaciones, se pretende incrementar la capacidad de las mismas, y considerando las condiciones actuales del puente peatonal de acceso a la Estación Calle 146, surge la necesidad de mejorar las condiciones de accesibilidad, es decir, se espera que se realice la construcción de un nuevo vagón bidireccional en el costado sur de la Estación Calle 146 y de un nuevo puente peatonal ubicado a la altura de la Calle 146 (Nomenclatura Actual), costado norte de la Estación Calle 142. Esta infraestructura deberá permitir el acceso a tanto a la Estación Calle 146, como a la Estación 142.

Adicionalmente, se realizará la construcción de un nuevo vagón unidireccional para servicios que operan en sentido sur – norte, en el costado sur de la estación Mazurén y la construcción de un puente peatonal nuevo en reemplazo del puente peatonal existente en la calle 150. El nuevo puente peatonal deberá contar con rampa de acceso a la Estación Calle 146 y rampa de acceso al nuevo vagón propuesto para la Estación Mazurén.

Ilustración 53. Ampliación Estación Calle 146



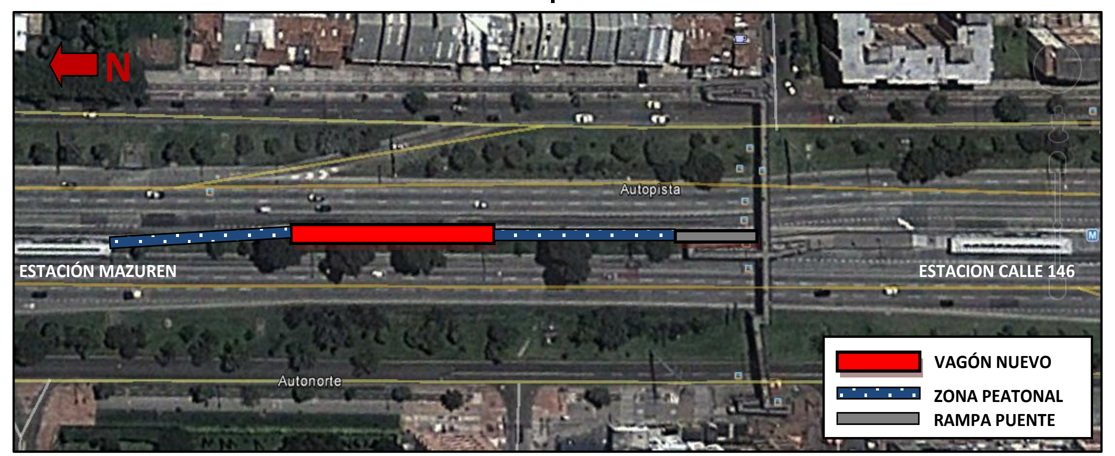
Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Ilustración 54. Ampliación Estación Mazurén



Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios

Estas obras se desarrollarán en dos etapas, la primera consiste en la construcción de vagones y zonas de transición y la segunda contempla la construcción de los puentes peatonales.

3.7. OBRAS PARA LA INTEGRACIÓN

3.7.1. Extensión de la troncal de las Américas (entre Puente Aranda y la NQS)

La Troncal Américas-Calle 13 con 13 Km se conecta operacionalmente con la Troncal Caracas y adicionalmente se conecta mediante trasbordo utilizando un túnel peatonal con la Troncal NQS (estación Ricaurte), donde posteriormente los usuarios se pueden conectar con las troncales Calle 80, Autonorte y Suba, utilizando servicios troncales directos. Las actuales necesidades de movilización del sector occidental de la ciudad hacia el norte han venido aumentando fuertemente sobre el corredor Troncal Américas, incrementando así el flujo de usuarios que utilizan el túnel peatonal y la estación Ricaurte[5]. De acuerdo con los estudios que se han realizado en este sitio, en los últimos dos años el número de usuarios que utilizan el túnel en hora pico ha aumentado alrededor del 30%. En el año 2007, se registraron 7.000 personas/hora mientras que en el año 2009 son cerca de 9.000 personas/hora.

Por lo anterior y teniendo en cuenta la demanda de usuarios que se movilizan desde la troncal Américas hacia el norte de la ciudad, se definió un proyecto que busca que los usuarios continúen sobre el corredor de la Troncal Américas hacia el corredor NQS, incorporando el tramo troncal entre el sector de Puente Aranda y la Troncal NQS (3.5 Km

[5] De acuerdo con los estudios que se han realizado en este sitio, en los últimos dos años el número de usuarios que utilizan el túnel en hora pico ha aumentado alrededor del 30%. En el 2007, se registraron 7.000 personas/hora mientras que en el 2009 son cerca de 9.000 personas/hora.







aproximadamente) dando así una continuidad al corredor Américas, beneficiando a cerca de 50.000 pasajeros por día, los cuales tienen una reducción de tiempo de viaje de aproximadamente de 15 minutos, sin necesidad de hacer trasbordo en las estación Ricaurte.

Se plantea para este corredor la incorporación de carriles exclusivos (1 por sentido y sobrepaso en frente a cada estación), implementando cuatro nuevas estaciones sencillas y un intercambiador vial que permita la integración operacional con la Troncal NQS.

3.7.2. Molinos a Portal Usme – Ampliación de la Troncal Caracas

Desde que entró en operación la Troncal Caracas en el año 2000 en el sector localizado entre la estación Molinos y el Portal de Usme no se construyeron los carriles exclusivos en su sección vial (2.8 Km aproximadamente), situación que cada vez más afecta la operación en términos de la velocidad y accidentalidad debido principalmente al aumento del volumen del tráfico mixto sobre el corredor en los últimos años, al sólo contar con 2 carriles por sentido.

Con el objeto de optimizar las condiciones de movilidad en el tramo mencionado, en términos de seguridad vial y eficiencia; y de acuerdo con el diseño operacional del SITP, se requiere adecuar la Troncal Caracas en este tramo, de tal forma que dé continuidad a la sección transversal de dicha troncal (2 carriles exclusivos y 2 mixtos en ambos sentidos) brindando así calzada de uso exclusivo.

El proyecto consiste en la ampliación de la sección vial en el tramo entre la Estación Molinos y el Portal Usme, brindando carriles exclusivos para la operación de los buses articulados, se construye una estación entre Molinos y Portal de Usme a la altura de la Calle 56 Sur (Estación Danubio), construcción de puente peatonal para acceso a la estación, adecuación del espacio público, mejoramiento de la estación Molinos existente, adecuación de carriles para tráfico mixto, regularizando así toda la infraestructura de dicha troncal. El proyecto requiere una importante zona de adquisición predial ya que su alineamiento se modifica, afectando la fábrica Ladrillera Santa Fé. Dicho proyecto en la actualidad ya cuenta con diseños definitivos terminados, contratados y realizados por el IDU en el año 2006 con recursos del Convenio Nación-Distrito.

3.7.3. Extensión de troncales en operación

Troncal Caracas (entre Portal Usme y Yomasa/Avenida Boyacá) y troncal 80 (entre Portal y Límite del Distrito):
Dados los incrementos en los volúmenes de pasajeros que se han presentado en la zona sur oriental de la Troncal Caracas y con el propósito de dar continuidad a esta troncal, e implementar una mejor integración modal en zonas perimetrales de la ciudad (integrando el transporte intermunicipal de corta distancia), se define un proyecto que busca extender la prestación del servicio con buses troncales desde el Portal de Usme hasta la intersección de





la Avenida Caracas con Avenida Boyacá, sector conocido como “Yomasa” (3.2 km aproximadamente).

En el corto plazo, esta extensión representará una disminución en los usuarios de alimentación, considerando que la cobertura troncal se aumenta, traduciéndose en una mejora en el nivel de servicio a los usuarios de la Troncal Caracas, quienes podrán acceder directamente a la troncal evitando, así, el trasbordo de alimentador a troncal. Posteriormente en el mediano plazo esta extensión permitirá la integración de forma directa con la Futura Troncal Avenida Boyacá, haciendo un circuito troncal perimetral en la Ciudad.

De esta forma, el proyecto plantea la ampliación de la vía existente, construyendo carriles exclusivos (1 por sentido y sobrepaso en frente a cada estación) y carriles mixtos (2 por sentido), implementando tres nuevas estaciones sencillas, un intercambiador modal al final de la troncal, donde se pueda hacer una mejor integración con el transporte intermunicipal de corta distancia, integración con la Troncal Boyacá y, además, una infraestructura de patio-garaje para albergar flota que opere sobre los corredores Caracas y Boyacá.

3.7.4. Ampliación del Portal y Patio del Norte

La ampliación de este portal y patio existente se requiere realizar en el Corto Plazo, en primera medida debido a los altos niveles de ocupación que presenta actualmente, mostrando problemas de capacidad en las zonas de plataformas tanto en la parte troncal como en la parte de alimentación y en el patio en las zonas de estacionamiento y mantenimiento de los vehículos. Posteriormente esta situación se agrava con la entrada en operación del SITP en donde los niveles de demanda en esta estación se ven incrementados y por lo tanto de flota requerida para atenderla. Finalmente al incorporar la nueva demanda que se movilizará por la Troncal Avenida Boyacá dicho portal y patio no soportarían estas necesidades.

3.7.5. Ampliación del Portal y Patio del Tunal

La ampliación de este portal y patio existente se requiere realizar en el Corto Plazo, en primera medida debido a los altos niveles de ocupación que presenta actualmente, mostrando problemas de capacidad en las zonas de plataformas tanto en la parte troncal como en la parte de alimentación y en el patio en las zonas de estacionamiento y mantenimiento de los vehículos. Posteriormente esta situación se agrava con la entrada en operación del SITP en donde los niveles de demanda en esta estación se ven incrementados y por lo tanto de flota requerida para atenderla. Asimismo, la integración a través de una estación de transferencia del cable. Finalmente al incorporar la nueva demanda que se movilizará por la Troncal Avenida Boyacá dicho portal y patio no soportarían estas necesidades.

3.7.6. Troncal Av. Villavicencio (entre Portal Tunal y Troncal NQS)

El proyecto consiste en transformar el corredor existente en un corredor troncal entre el Portal Tunal y la Troncal NQS sobre el cual se construirán 4 estaciones, con una distancia entre las mismas de 800m aproximadamente. Con la implementación de esta troncal se descongestiona el Portal Tunal en 5.360 pasajeros/hora, equivalente al 50% de la demanda del Portal. Es importante, descongestionar el Portal Tunal teniendo en cuenta que con las extensiones de Ciudad Bolívar previstas en el marco del SITP la demanda del mismo aumentará en 2000pasajeros/hora, 20% de la demanda actual.

3.8. NUEVOS RAMALES TRONCALES EN EJECUCIÓN

3.8.1. Troncal Calle Sexta

Para el primer trimestre del 2014 se prevé la entrada en operación de la Troncal Calle Sexta, la cual une la Troncal Caracas con la Troncal NQS Sur, es decir la Fase I con la Fase II del Sistema TransMilenio.

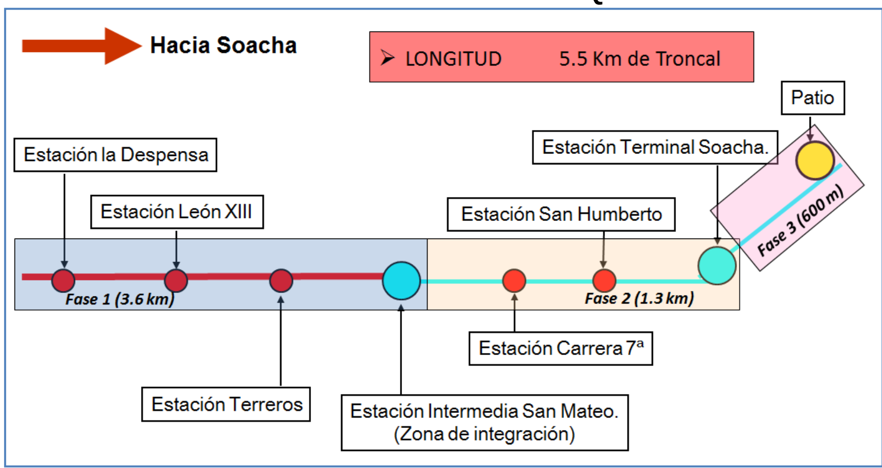
Dentro de estos dos kilómetros de nueva vía troncal, se han contemplado la construcción de dos nuevas estaciones, ubicadas en la Carrera 19 y Carrera 24, denominadas estación *Carrera 18* y estación *Carrera 27* por su cercanía a estas dos vías de la ciudad que intercomunican el sector de la zona centro.

La estación Carrera 18 es una estación sencilla del tipo enfrentada cerrada con dos vagones por sentido y la estación *Carrera 27* es del tipo enfrentada abierta.

3.8.2. Extensión a Soacha

La extensión de la Troncal NQS al Municipio de Soacha inicia en el límite del Distrito Capital y se extiende en una longitud de 5.5 km. Actualmente se está ejecutando la primera Fase del proyecto de las tres en que fue dividido. La Fase I tiene una longitud de 3,6 km comprendidos entre el límite de Bogotá hasta la calle 22, e incluye la construcción de cuatro estaciones de parada. Adicionalmente, se construirá al final del tramo un retorno operacional para que los buses articulados puedan retornar hacia Bogotá. El proyecto contempla la intervención del espacio público en ambos costados del corredor y en el área que separa la paralela de la calzada mixta del costado norte, sobre la cual se construirá un parque lineal que incluye cicloruta.

Ilustración 55. Extensión Troncal NQS a Soacha



Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios

Por solicitud del Municipio de Soacha se evaluó la posibilidad de extender el proyecto en una longitud de 1,4 km hasta el sector conocido como “El Vínculo”, lugar en donde existe un plan de desarrollo urbanístico que contempla la construcción de vivienda, industria y comercio. Esta extensión del proyecto requiere la construcción de dos estaciones sencillas adicionales y la construcción del nuevo patio portal ubicado en dicho sector asociado a la Terminal de Transporte que el municipio tiene programada construir.

Teniendo en cuenta lo anterior, como propuesta alternativa se tiene que en la Fase II se reemplazaría la estación terminal o portal por una estación intermedia, y la Fase III comprendería un corredor troncal hasta el sector de El Vínculo.

Ilustración 56. Extensión Troncal NQS a Soacha hasta El Vínculo

LONGITUD 6.9 Km de Troncal
Patio-Portal
Inversión Privada
Hacia Soacha
Estación la Despensa
Estación Terminal Soacha.
Estación León XIII
Estación San Humberto
Fase 3 (2 km)
Fase 1 (3.6 km)
Fase 2 (1.3)
Nuevas Estaciones
Estación Carrera 7ª
Estación Terreros
Estación Intermedia San Mateo.

Fuente. Sub Gerencia Técnica y de Servicios



Las obras de la Fase I que están a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura, quien a su vez construye a través de la Concesión autopista Bogotá Girardot son construcción de la calzada exclusiva, construcción de 4 estaciones sencillas, del puente peatonal Terreros, de las rampas de acceso a estaciones en los puentes La Despensa, León XIII, Terreros y San Mateo, el espacio público en el costado norte del corredor y parque lineal con cicloruta, incluidos los respectivos planes de Manejo Ambiental, Social y de Manejo de Tráfico. Adicionalmente, se requiere la compra del predio en donde se construirá la estación de Integración San Mateo. Vale la pena señalar que lo anterior, así como el costo de la interventoría se ampara con los recursos del convenio de cofinanciación.

Dentro de la ejecución del contrato, se ha evidenciado la necesidad de construir obras de redes que no están incluidas en el contrato de la ANI y que son necesarias para finalizar las obras del Sistema TransMilenio; de igual manera, es indispensable contar con la estación de integración San Mateo, en la cual se tiene previsto operar la mayoría de las rutas alimentadoras de dicha troncal. Adicionalmente, la ANI solicitó la desafectación de algunas obras a cargo de la concesión en su mayoría corresponden el espacio público del costado sur del corredor. Las anteriores obras a la fecha no han sido contratadas, la alcaldía municipal inició tres procesos licitatorios para su ejecución.

3.9. AMPLIACIÓN DE ESTACIONES

El siguiente estimativo presenta el estatus de las estaciones ampliadas, con parada habilitada para bus biarticulado y que no permiten la adecuación de manera sencilla.

3.9.1. Estaciones ampliadas

Tabla 25. Estimativo Estaciones Ampliadas con parada habilitada para bus biarticulado

Troncal	Estación
AMERICAS-CL13	Pradera
NQS	Sena
NQS	Sevillana
NQS	Perdomo
CARACAS SUR	Hortúa
CARACAS SUR	Restrepo

Fuente. Dirección Técnica de BRT







3.9.2. Estaciones con parada para bus biarticulado

Tabla 26. Estaciones con parada para bus biarticulado

FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	CANTIDAD PARADAS ADECUADAS A BIATICULADO ACTUALMENTE	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA
FASE I	AUTONORTE	Prado	2	0
FASE I	AUTONORTE	Pepe Sierra	2	2
FASE I	CARACAS CENTRO	Jiménez	4	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Jiménez cl13	2	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Mundo A	2	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Pto. Bonito	2	2
FASE I	AUTONORTE	Alcalá	6	0
FASE I	AUTONORTE	Calle 127	2	2
FASE I	AUTONORTE	Calle 106	2	2
FASE I	AUTONORTE	Calle 100	2	4
FASE I	AUTONORTE	Virrey	4	2
FASE I	AUTONORTE	Calle 85	4	2
FASE I	AUTONORTE	Héroes	2	4
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 76	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 72	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Flores	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 63	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 57	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Marly	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 45	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Av. 39	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Profamilia	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 26	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 22	4	0
FASE I	CARACAS CENTRO	Calle 19	4	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Museo	2	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Aguas	1	0
FASE II	AMERICAS-CL13	San Fason	2	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Ricaurte CL13	2	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Cra 53 A	4	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Pradera	2	0
FASE II	AMERICAS-CL13	B. Tintal	2	2
FASE I	CALLE 80	Quirigua	2	0
FASE I	CALLE 80	Av. Cali	2	0
FASE I	CALLE 80	Granja Cr 77	4	0
FASE I	CALLE 80	Minuto Dios	2	0
FASE I	CALLE 80	Boyacá	2	0







FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	CANTIDAD PARADAS ADECUADAS A BIATICULADO ACTUALMENTE	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA
FASE I	CALLE 80	Ferias	2	0
FASE I	CALLE 80	Av. 68	2	0
FASE I	CALLE 80	Cra 47	2	0
FASE I	CALLE 80	Esc. Militar	2	2
FASE I	CALLE 80	Polo	2	0
FASE II	NQS	Calle 75	4	0
FASE II	NQS	Av. Chile	4	0
FASE II	NQS	U. Nacional	4	0
FASE II	NQS	Av. El Dorado	2	0
FASE II	NQS	Paloquemao	4	0
FASE II	NQS	RICAURTE NQS	4	0
FASE II	NQS	Sena	2	0
FASE II	NQS	G. Santander	4	0
FASE II	NQS	Sevillana	2	0
FASE II	NQS	Perdomo	2	0
FASE I	CARACAS SUR	T. Milenio	4	0
FASE I	CARACAS SUR	Hortúa	2	0
FASE I	CARACAS SUR	Restrepo	2	0
FASE I	CARACAS SUR	40 Sur	4	0
FASE I	CARACAS SUR	Sta. Lucia	4	0
FASE I	CARACAS SUR	Molinos	4	0
FASE III	CALLE 26	MODELIA	4	0
FASE III	CALLE 26	NORMANDIA	4	0
FASE III	CALLE 26	AV ROJAS	4	0
FASE III	CALLE 26	EL TIEMPO	4	0
FASE III	CALLE 26	SALITRE GRECO	4	0
FASE III	CALLE 26	CAN	4	0
FASE III	CALLE 26	GOBERNACION	4	0
FASE III	CALLE 26	QUINTA PAREDES	4	0
FASE III	CALLE 26	CORFERIAS	4	0
FASE III	CALLE 26	CIUDAD UNIVERSITARIA	4	0
FASE III	CALLE 26	PLAZA DEMOCRACIA	4	0
FASE III	CALLE 26	CENTRO MEMORIA	4	0
FASE III	CALLE 26	UNIVERSIDADES	4	0
FASE III	CARRERA 10	SAN DIEGO	4	0
FASE III	CARRERA 10	LAS NIEVES	4	0
FASE III	CARRERA 10	SAN VICTORINO	6	0
FASE III	CARRERA 10	BICENTENARIO	6	0
FASE III	CARRERA 10	HOSPITALES	4	0







FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	CANTIDAD PARADAS ADECUADAS A BIATICULADO ACTUALMENTE	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA
FASE III	CARRERA 10	POLICARPA	4	0
FASE III	CARRERA 10	CIUDAD JARDIN	4	0
FASE III	CARRERA 10	AV 1 MAYO	6	0
FASE III	CARRERA 10	COUNTRY SUR	4	0
FASE I	AUTONORTE	CENTRO COMERCIAL SANTAFÉ	2	0
TOTAL PARADAS			**269**	**32**

Fuente. Dirección Técnica de BRT

3.9.3. Estaciones cuya infraestructura no tiene parada para bus biarticulado

Tabla 27. Estaciones cuya infraestructura no tiene parada para bus biarticulado

FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	SE PUEDE ADECUAR PARADA BIARTICULADO DE MANERA SENCILLA?		CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MEDIANTE AMPLIACIÓN
	TRONCAL		SI	NO		
FASE I	AUTONORTE	Toberín		X	0	0
FASE I	AUTONORTE	Cardio I.		X	0	0
FASE I	AUTONORTE	Mazuren		X	0	0
FASE I	AUTONORTE	Calle 146		X	0	0
FASE I	AUTONORTE	Calle 142	X		4	0
FASE II	SUBA	La Campiña		X	0	2
FASE II	SUBA	Tv. 91		X	0	2
FASE II	SUBA	21 Ángeles		X	0	0
FASE II	SUBA	Gratamira		X	0	2
FASE II	SUBA	suba -Av. Boyacá		X	0	0
FASE II	SUBA	Niza 127		X	0	2
FASE II	SUBA	Humedal		X	0	2
FASE II	SUBA	Shaio		X	0	0
FASE II	SUBA	Puente largo		X	0	2





FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	SE PUEDE ADECUAR PARADA BIARTICULADO DE MANERA SENCILLA?		CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MEDIANTE AMPLIACIÓN
FASE II	SUBA	Suba Cl. 100		X	0	2
FASE II	SUBA	Suba Cl. 95		X	0	2
FASE II	SUBA	Rio Negro		X	0	2
FASE II	SUBA	San Martin		X	0	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Sabana		X	0	2
FASE II	AMERICAS-CL13	C.D.S. Cra 32		X	0	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Z. Industrial		X	0	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Cr 43		X	0	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Pte. Aranda		X	0	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Marsella	X		4	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Mandalay	X		4	0
FASE II	AMERICAS-CL13	Transversal 86	X		4	0
FASE I	CALLE 80	Cra 90	X		2	0
FASE I	CALLE 80	Cra 53	X		2	0
FASE II	NQS	Castellana		X	0	0
FASE II	NQS	Simón B.	X		4	0
FASE II	NQS	Coliseo	X		4	0
FASE II	NQS	Campin	X		4	0
FASE II	NQS	C.A.D.	X		4	0
FASE II	NQS	Comuneros	X		4	0
FASE II	NQS	Sta. Isabel		X	0	2
FASE II	NQS	Calle 30 Sur		X	0	2
FASE II	NQS	Calle 38 A Sur		X	0	2
FASE II	NQS	Alquería		X	0	2
FASE II	NQS	Venecia		X	0	2
FASE II	NQS	Madelena		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Hospital		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Nariño		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Fucha		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Olaya		X	0	0



FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	SE PUEDE ADECUAR PARADA BIARTICULADO DE MANERA SENCILLA?		CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MANERA SENCILLA	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR DE MEDIANTE AMPLIACIÓN
FASE I	CARACAS SUR	Quiroga		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Socorro		X	0	0
FASE I	CARACAS SUR	Consuelo		X	0	2
FASE I	CARACAS SUR	Biblioteca t.	X		2	0
FASE I	CARACAS SUR	Parque tunal	X		2	0
TOTAL PARADAS POSIBLES					**44**	**50**

Fuente. Dirección Técnica de BRT

3.9.4. Estaciones que requieren ampliación para habilitar la operación con bus biarticulado

Tabla 28. Estaciones que requieren ampliación para habilitar la operación con bus biarticulado

FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR MEDIANTE AMPLIACIÓN
FASE II	SUBA	La Campiña	2
FASE II	SUBA	Tv. 91	2
FASE II	SUBA	Gratamira	2
FASE II	SUBA	Niza 127	2
FASE II	SUBA	Humedal	2
FASE II	SUBA	Puentelargo	2
FASE II	SUBA	Suba Cl. 100	2
FASE II	SUBA	Suba Cl. 95	2
FASE II	SUBA	Rionegro	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Sabana	2
FASE II	AMERICAS-CL13	C.D.S. Cra 32	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Z. Industrial	2
FASE II	AMERICAS-CL13	Cr 43	2
FASE II	NQS	Sta. Isabel	2
FASE II	NQS	Calle 30 Sur	2
FASE II	NQS	Calle 38 A Sur	2







FASE	TRONCAL	ESTACIÓN	CANTIDAD DE PARADAS POSIBLES DE ADECUAR MEDIANTE AMPLIACIÓN
FASE II	NQS	Alquería	2
FASE II	NQS	Venecia	2
FASE II	NQS	Madelena	2
TOTAL DE PARADAS BIARTICULADO POSIBLES CON AMPLIACIÓN			40

Fuente. Dirección Técnica de BRT

3.9.5. Estaciones que no cuentan con parada de biarticulado

Estas estaciones no se pueden adecuar de manera sencilla y que su ampliación requiere de obras adicionales como realineación vial.

Tabla 29. Estaciones que no cuentan con parada de biarticulado

FASE	TRONCAL	ESTACIÓN
FASE I	AUTONORTE	Toberín
FASE I	AUTONORTE	Cardio I.
FASE I	AUTONORTE	Mazurén
FASE I	AUTONORTE	Calle 146
FASE II	SUBA	21 Ángeles
FASE II	SUBA	Suba - Avda. Boyacá
FASE II	SUBA	Shaio
FASE II	SUBA	San Martin
FASE II	AMERICAS-CL13	Pte. Aranda
FASE II	NQS	Castellana
FASE I	CARACAS SUR	Olaya
FASE I	CARACAS SUR	Socorro

Fuente. Dirección Técnica de BRT

Como complemento de la información anterior es importante tener en cuenta que el valor promedio de las ampliaciones es de 620 millones de pesos por estación y permite ampliar un vagón con su correspondiente habilitación de 2 puntos de parada (uno en cada sentido) para la operación de bus biarticulado y que la adecuación de la infraestructura de manera sencilla para la operación de bus biarticulado tiene un costo cercano a los 50 millones de pesos por punto de parada.





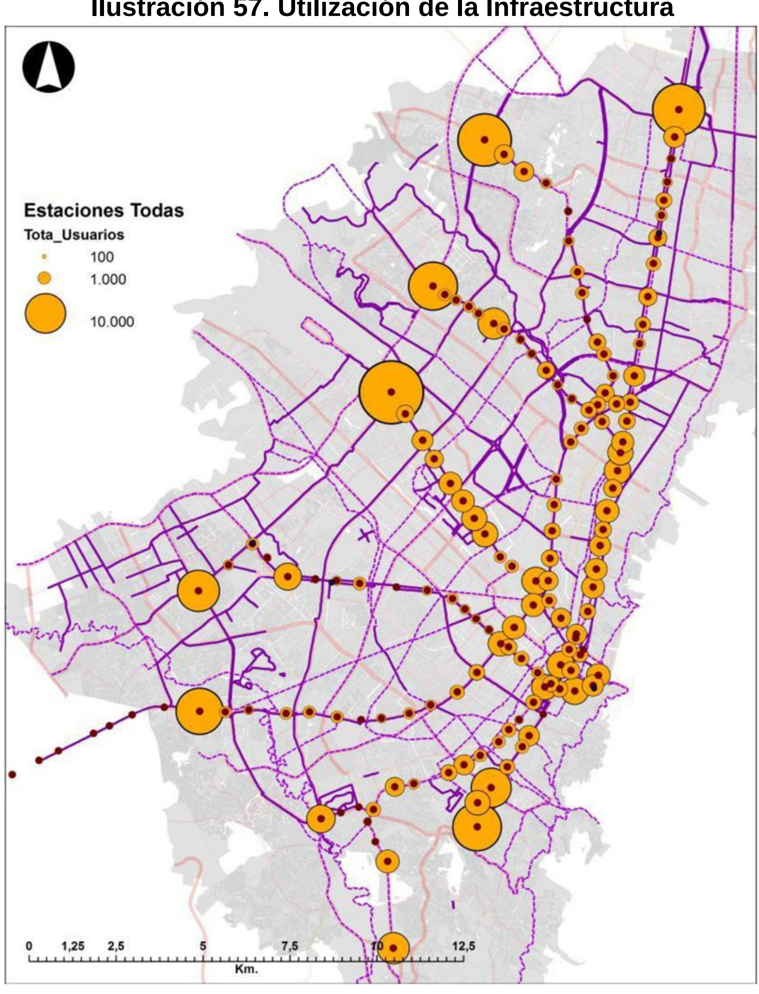


3.10. UTILIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Con base en información del 2012 de TRANSMILENIO S.A. de usuarios que ingresaron a las estaciones, la Secretaria Distrital de Planeación generó un primer mapa para la visualización espacial del comportamiento que tienen las estaciones y portales con relación al número de usuarios que acceden en las horas pico, se ha podido determinar una utilización promedio de las estaciones por rutas.

El volumen de usuarios que ingresan al sistema, se dividió en tres rangos: de cero a dos mil quinientos (0 – 2.500) de dos mil quinientos a cinco mil (2.500 - 5.000) y mayor a cinco mil (> 5.000) usuarios en las horas pico, obteniendo un número de estaciones asociadas a estos rangos que concluye que existen 111 estaciones con un promedio de 2.500 usuarios día y 140 estaciones con un promedio de 5.000 usuarios día, la SDP ha presentado la siguiente utilización:

Ilustración 57. Utilización de la Infraestructura



Fuente. TRANSMILENIO S.A.





De la información analizada por la SDP, se obtuvo como resultado el número de estaciones, clasificadas según su nivel de operación y agrupadas según el rango de usuarios definido para la selección. Por la diferencia de información existente, suministrada por TRANSMILENIO S.A., se presenta por separado los resultados obtenidos para la fase I y II de los obtenidos para la fase III.

Ilustración 58. Número de estaciones, clasificadas según su nivel de operación

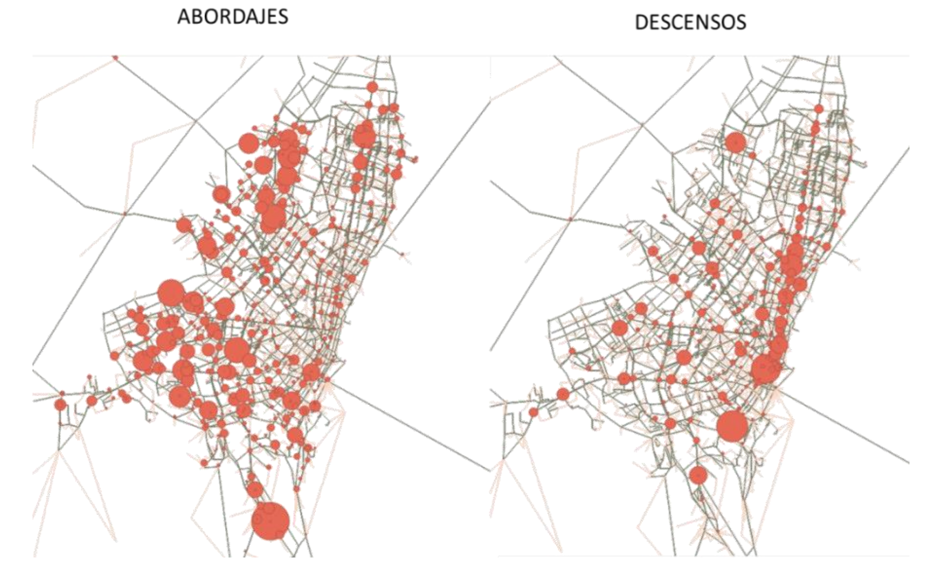
FASE I y II		
Tipos de Estacion X Usuarios	**No.**	**Usuarios**
0 a 2.500	**88**	**98.116**
Sencilla	83	91.367
Intermedia	3	3.443
Intercambio	2	3.306
2.500 a 5.000	**20**	**69.534**
Sencilla	16	53.455
Intermedia	2	8.034
Intercambio	2	8.045
Mas de 5.000	**8**	**91.017**
Cabecera	7	84.892
Intermedia	1	6.125
Total	**116**	**258.667**

FASE III		
Tipos de Estacion X Usuarios	**No.**	**Usuarios**
0 a 2.500	**11**	**17.365**
Sencilla	11	17.365
2.500 a 5.000	**9**	**32.185**
Sencilla	9	32.185
Mas de 5.000	**3**	**49.491**
Cabecera	2	39.698
Sencilla	1	9.793
Total	**23**	**99.041**

Fuente. TRANSMILENIO S.A.

La utilización de la infraestructura es consistente con los datos del modelo integrado del SITP que se presenta a continuación:

Ilustración 59. Utilización de la Infraestructura en el modelo integrado del SITP

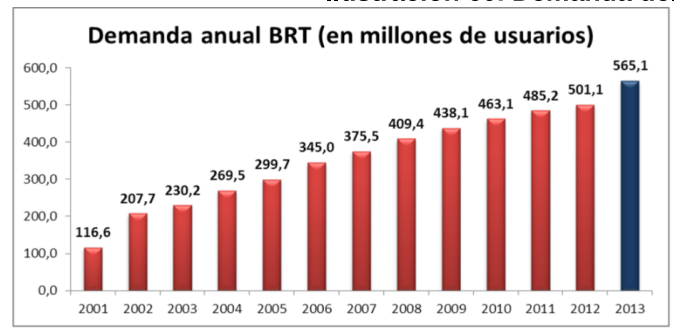


Fuente. TRANSMILENIO S.A.



Ahora bien, la infraestructura juega un papel decisivo en relación con la necesidad a satisfacer y en particular con la propia demanda del sistema la cual ha venido creciendo como se aprecia en la gráfica siguiente:

Ilustración 60. Demanda del Sistema año 2013





Fuente. TRANSMILENIO S.A.

En la siguiente tabla se encuentran las entradas en los portales y estaciones de mayor demanda, en un día típico de noviembre de 2013.

Tabla 30. Entradas en los portales y estaciones de mayor demanda, en un día típico de noviembre de 2013.

Estación	Entradas	% del total
Portal del Norte	108.979	5,1%
Portal de la 80	86.164	4,1%
Portal de Suba	77.293	3,6%
Portal de las Américas	76.739	3,6%
Portal del Sur	71.968	3,4%
Portal del Tunal	55.430	2,6%
Portal de Usme	57.787	2,7%
Portal Eldorado	35.517	1,7%
Portal 20 de Julio	25.950	1,2%
Total	**595.827**	28,1%

Estación	Entradas	% del total
Banderas	47.177	2,2%
Av. Jiménez	47.500	2,2%
CL. 63	43.643	2,1%
Marly	42.401	2,0%
CL.100	44.567	2,1%
CL. 72	39.820	1,9%
CL. 45	37.153	1,8%
CL. 76	35.752	1,7%
Museo del Oro	35.267	1,7%
Alcalá	28.409	1,3%
Total	**401.689**	18,9%

Entradas del día:	**2.121.047**

Fuente. TRANSMILENIO S.A.

Ahora bien esa realidad se debe confrontar con las rutas de mayor ocupación en el componente troncal para verificar los servicios que debieran tener un componente de mayor capacidad o de mayor flexibilidad con datos del 2013, así:







Ilustración 61. Rutas de mayor ocupación en el componente troncal

Mañana (05:30 a 08:30)

Ruta	Ocupación
B23	100%
D20BI	100%
B18	98%
C15	98%
C29	97%
B53	97%
A15	97%
J73	97%
J70	97%
A52	97%
C19	96%
B28	95%
D51	95%
D50	95%
B12	94%
F29	93%
C17	93%
B72	91%
D3	91%
H20	90%
H70	90%
G71	90%
E25	90%
H50	90%

Tarde (17:30 a 19:30)

Ruta	Ocupación
H20BI	100%
L7	99%
H17	95%
L10	95%
H15	95%
F19	94%
H54	94%
G52	93%
H20	93%
G22	93%
H4	93%
F32	92%
F23BI	92%
B74	92%
C15	92%
H3	92%
J24	91%
F28	91%
G31	91%
H21	90%
G61	90%
F23	90%
D10	90%
D60	90%

Fuente. TRANSMILENIO S.A.

3.11. BALANCE ENTRE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIO

Es evidente que cualquier solución debe revisar las condiciones propias de infraestructura y en particular la necesidad de ampliar o tener nuevos patios para alojar la flota en la transición entre fase I y II a la movilidad limpia, en particular en su adaptación a las nuevas tecnologías.

Igualmente, debe ser congruente la programación de servicios con la realidad de las estaciones y corresponde al ente gestor armonizar esa programación de conformidad con la tecnología ofrecida en un servicio con picos supremamente altos y horas valle pronunciadas.

La infraestructura eléctrica asociada a la movilidad limpia troncal del sistema TransMilenio se referencia de acuerdo al sistema de operación de la ciudad de México D.F. en la estructura de la infraestructura implementada para el funcionamiento de trolebuses (**Ver anexo 1 y anexo 2**).

4. ESTUDIO COMPARATIVO DE MODELO DE CIUDADES

Las ciudades más populares en el mundo se enfrentan al gran desafío de ofrecer un servicio de transporte público que se adapte al crecimiento de su población manteniendo la eficiencia que demanda la competitividad actual. La continua modernización de los sistemas de transporte es un eje prioritario en los planes de desarrollo de las ciudades, en donde la





creatividad y la constante búsqueda de alternativas asociadas a beneficios ambientales es un reto internacional.

Las inversiones y las estrategias en desarrollo de infraestructura de transporte son claves para sostener o mejorar el nivel de vida de un mercado global cada vez más competitivo.

En Reino Unido han dado prioridad a la infraestructura de transporte en especial desarrollando proyectos relacionados con la producción de energía y servicios ferroviarios entre otros.

Francia, Alemania y España centran su prioridad en la construcción de trenes de alta velocidad, de otro lado Australia apunta su expansión en el sistema ferroviario y en el desarrollo de proyectos destinados a disminuir la congestión del tráfico, China está financiando una serie de programas de infraestructura de gran alcance que incluye la terminación de una red ferroviaria de alta velocidad.

Brasil sigue adelante en proyectos ferroviarios y de carreteras con el fin de afianzar su economía de rápido crecimiento. Estados Unidos ha hecho inversiones importantes en infraestructura para el transporte a pesar de pasar por momentos difíciles en su economía.

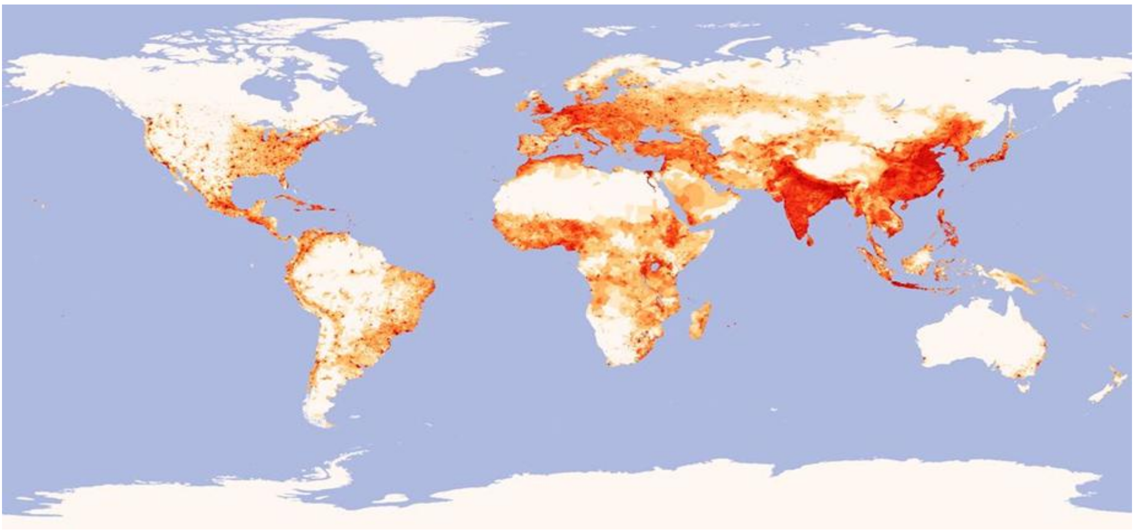
4.1. POBLACIÓN POR PAÍSES

La densidad de población en una ciudad se convierte en una característica esencial de ocupación y exigencia de los modos de transporte público urbanos, por ello en este capítulo de los estudios previos nos aproximamos a la relación sistema de transporte urbano y densidades urbanas, por cuanto corresponde a un concepto ampliamente aceptado de forma que el desarrollo urbano denso es una característica esencial de un sistema de transporte público exitoso, el proceso propio de la densidad urbana está atado al desarrollo territorial de las ciudades orientado desde su planeación, en donde se incluyen beneficios externos como mejoras en la calidad del aire y el ahorro de tiempo al disminuir la congestión.

Para aproximarnos a la realidad del transporte urbano de algunas ciudades comparables verificaremos por países la densidad de la población, lo que se aprecia en la siguiente ilustración:



Ilustración 62. Densidad de Población en el mundo 2008

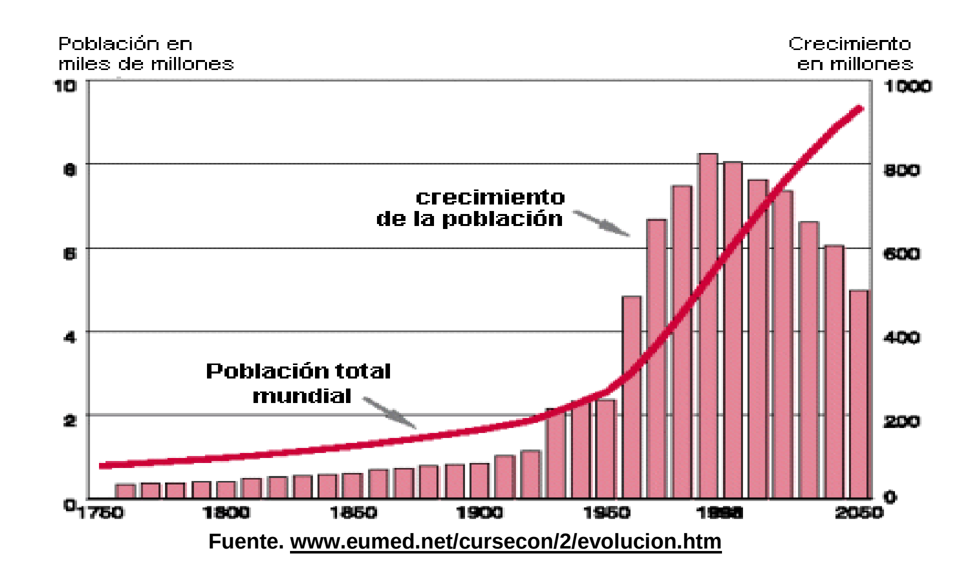


Fuente. www.pib.com.es

Cualquier ciudad con suficiente densidad de población para generar congestión del tráfico tiene una densidad suficiente para generar alternativas de transporte público asociado a las condiciones de uso de la tierra y la densidad poblacional. La expansión en si misma genera unas mayores distancias de viajes, la concentración facilita el actuar de los sistemas integrados de transporte público y su sostenibilidad.

La evolución de la población mundial se presenta a continuación:

Ilustración 63. Evolución y Estimación del Crecimiento de la población



Fuente. www.eumed.net/cursecon/2/evolucion.htm







4.1.1. CIUDADES CON MAYOR POBLACIÓN

En los países de mayor desarrollo industrial el 79% del territorio es urbano; en los países productores de materias primas es de 44% esto lleva a la concentración de población en centros urbanos, además el cinturón de la marginación ha crecido alrededor de las zonas urbanas, surgen asentamientos irregulares. Las ciudades y su población se presentan a continuación:

Tabla 31. Población de las ciudades más pobladas

Posición	Ciudad (INCLUYE ÁREA METrOPOLITANA)	Población
1	Tokio	35,676 mill.
2	Nueva York	19,040 mill.
3	Mexico D.F.	19,028 mill.
4	Bombay	18,978 mill.
5	Sao Paulo	18,845 mill.
6	Delhi	15,926 mill.
7	Shanghai	14,987 mill.
8	Calcuta	14,787 mill.
9	Dhaka	13,485 mill.
10	Buenos Aires	12,795 mill.
11	Los Ángeles-Long Beach-Santa Ana	12,500 mill.
12	Karachi	12,130 mill.
13	El Cairo	11,893 mill.
14	Río de Janeiro	11,748 mill.
15	Osaka-Kobe	11,294 mill.
16	Pekín	11,106 mill.
17	Manila	11,100 mill.
18	Moscú	10,452 mill
19	Estambul	10,061 mill.
20	París	9,904 mill.
21	Seúl	9,796 mill.
22	Lagos	9,466 mill.
23	Yakarta	9,125 mill.
24	Chicago	8,990 mill.
25	Guangzhou	8,829 mill.
26	Londres	8,567 mill.
27	Lima	8,012 mill.
28	Teherán	7,873 mill.
29	Kinshasa	7,843 mill.
30	Bogotá	7,772 mill.
31	Shenzhen	7,581 mill.
32	Wuhan	7,243 mill.
33	Hong Kong	7,206 mill.
34	Tianjin	7,180 mill.
35	Madrás	7,163 mill.
36	Bangalore	6,787 mill.
37	Bangkok	6,704 mill.
38	Lahore	6,577 mill.
39	Chongqing	6,461 mill.
40	Hyderabad	6,376 mill.
41	Santiago	5,720 mill.
42	Miami-Fort Lauderdale	5,585 mill.
43	Belo Horizonte	5,575 mill.
44	Madrid	5,567 mill.
45	Filadelfia	5,492 mill.
46	Ahmedabad	5,375 mill.
47	Ciudad Ho Chi Minh	5,314 mill.
48	Toronto	5,213 mill.
49	Bagdad	5,054 mill.
50	Barcelona	4,920 mill.
51	Dallas-Fort Worth	4,798 mill.
52	Shenyang	4,787 mill.
53	Jartum	4,754 mill.
54	Pune	4,672 mill.
55	San Petersburgo	4,553 mill.
56	Chittagong	4,529 mill.
57	Dongguan	4,528 mill.
58	Atlanta	4,506 mill.
59	Boston	4,467 mill.
60	Washington DC	4,467 mill.
61	Houston	4,459 mill.
62	Singapur	4,436 mill.
63	Hanoi	4,378 mill.
64	Sydney	4,327 mill.
65	Guadalajara	4,198 mill.
66	Alejandría	4,165 mill.
67	Chengdu	4,123 mill.
68	Detroit	4,101 mill.
69	Luanda	4,000 mill.
70	Rangún	4,088 mill.
71	Xi'an	4,009 mill.
72	Porto Alegre	3,917 mill.
73	Surat	3,842 mill.
74	Abiyán	3,812 mill.
75	Melbourne	3,728 mill.
76	Ankara	3,716 mill.
77	Monterrey	3,712 mill.
78	Nanjing	3,679 mill.
79	Montreal	3,678 mill.
80	Guiyang	3,662 mill.
81	Recife	3,651 mill.
82	Harbin	3,621 mill.
83	Brasilia	3,599 mill.
84	Phoenix-Mesa	3,551 mill.
85	Salvador de Bahía	3,484 mill.
86	Busán	3,480 mill.
87	San Francisco-Oakland	3,450 mill.
88	Johanesburgo	3,435 mill.
89	Berlin	3,406 mill.
90	Fortaleza	3,389 mill.
91	Argel	3,354 mill.
92	Roma	3,339 mill.
93	Pyongyang	3,300 mill.
94	Medellín	3,297 mill.
95	Kabul	3,277 MILL.
96	Atenas	3,242 mill.
97	Nagoya	3,230 mill.
98	Ciudad del Cabo	3,215 mill.
99	Changchun	3,183 mill.
100	Casablanca	3,181 mill.

Fuente: Consulta google







4.1.2. CIUDADES CON BUSES ELÉCTRICOS A CATENARIA

Las siguientes ciudades han complementado su sistema de transporte con Trolebuses:

Tabla 32. Ciudades con Sistema de Transporte con Trolebuses

COMPARACION DE CUIDADES CON TROLEY			
CUIDAD	**PAIS**	**POBLACION**	**SISTEMAS DE TRANSPORTE**
SHANGHÀI	CHINA	23.500.000	ELECTRICO TROLEBUS CATENARIA
SAO PAULO	BRASIL	20.874.000	TODAS LAS TECNOLOGIAS http://www.skyscrapercity.com/
PEKIN	CHINA	20.000.000	TROLEBUS CATENARIA
LOS ANGELES	ESTADOS UNIDOS	12.500.000	TROLEBUS CATENARIA
CUIDAD DE MEXICO	MEXICO	12.028.000	TROLEBUS CATENARIA
MOSCÙ	RUSIA	11.500.000	TROLEBUS CATENARIA
TIANJIN	CHINA	10.000.000	TROLEBUS CATENARIA GUIADO
TEHERAN	IRAN	8.500.000	TROLEBUS CATENARIA
CARACAS	VENEZUELA	5.700.000	AUTOBUS A GAS YUTONG CHINO
SAN PETERSBURGO	RUSIA	5.000.000	TROLEBUS CATENARIA
GUADALAJARA	MEXICO	4.500.000	TROLEBUS CATENARIA
PIONYANG	COREA DEL NORTE	4.000.000	TROLEBUS CATENARIA
HANGZHOU	CHINA	3.900.000	TROLEBUS CATENARIA
MONTEREAL	CANADA	3.600.000	TROLEBUS CATENARIA
BERLIN	ALEMANIA	3.500.000	TRENES,METRO,TROLEBUS CATENARIA,AUTOBUS,TRANVIA
ATENAS	GRECIA	3.250.000	TROLEBUS CATENARIA
TORONTO	CANADA	2.700.000	TROLEBUS CATENARIA
BARQUISIMETO	VENEZUELA	2.500.000	TROLEBUS CATENARIA
QUITO	ECUADOR	2.400.000	TROLEBUS CATENARIA
LYON	FRANCIA	2.150.000	TROLEBUS CATENARIA
MINSK	BIELORRUSIA	1.850.000	TROLEBUS CATENARIA
BUDAPEST	HUNGRIA	1.800.000	TROLEBUS CATENARIA
SANTOS	BRASIL	1.600.000	TROLEBUS CATENARIA
VALPARAISO	CHILE	1.600.000	TROLEBUS CATENARIA
FILADELFIA	ESTADOS UNIDOS	1.500.000	TROLEBUS CATENARIA
CORDOBA	ARGENTINA	1.300.000	TROLEBUS CATENARIA
YEREVÀN	ARMENIA	1.150.000	TROLEBUS CATENARIA
ROSARIO	ARGENTINA	1.100.000	TROLEBUS CATENARIA
SAN FRANCISCO	ESTADOS UNIDOS	850.000	TROLEBUS CATENARIA
BOSTON	ESTADOS UNIDOS	650.000	TROLEBUS CATENARIA
SEATTLE	ESTADOS UNIDOS	621.000	TROLEBUS CATENARIA
VANCOUVER	CANADA	605.000	TROLEBUS CATENARIA
HAMILTON	CANADA	520.000	TROLEBUS CATENARIA
PARMA	ITALIA	450.000	TROLEBUS CATENARIA
BOLOGNA	ITALIA	400.000	TROLEBUS CATENARIA
WELLINGTON	NUEVA ZELANDIA	400.000	TROLEBUS CATENARIA
LAVAL	CANADA	391.000	TROLEBUS CATENARIA
ZÙRICH	ALEMANIA	380.000	TROLEBUS DOBLE ARTICULADO CATENARIA
SIMFERÒPOL	UCRANIA	302.000	TROLEBUS CATENARIA
SARAJEVO	BOSNIA	300.000	TROLEBUS CATENARIA
GDYNIA	POLONIA	260.000	TROLEBUS CATENARIA
MÈRIDA	VENEZUELA	251.000	TROLEBUS CATENARIA
GINEBRA	SUIZA	200.000	TROLEBUS CATENARIA RIEL
CASTELLÒN	ESPAÑA	180.000	TROLEBUS ELECTRICO GUIADO GENERADOR DIESEL
SALZGURGO	AUSTRIA	150.000	TROLEBUS CATENARIA
DAYTON	ESTADOS UNIDOS	150.000	TROLEBUS CATENARIA
READING	INGLATERRA	145.000	TROLEBUS CATENARIA
CLERMONT-FERRAND	FRANCIA	141.000	TRANVIA ELECTRICO GUIADO
CAMBRIDGE	ESTADOS UNIDOS	130.000	CAMBRIDGE
MENDOZA	ARGENTINA	115.000	TROLEBUS CATENARIA
CAEN	FRANCIA	110.000	TROLEBUS CATENARIA GUIADO CON GENERADOR DIESEL
NANCY	FRANCIA	105.500	TROLEBUS CATENARIA GUIADO CON GENERADOR DIESEL
YALTA	UCRANIA	81.000	TROLEBUS CATENARIA
ALUSHTA	UCRANIA	31.000	TROLEBUS CATENARIA

Fuente: Consulta google





Las decisiones en cuanto a la implementación de sistemas de transporte masivo se han tomado en consideración de ventajas ambientales, incluyendo las bajas emisiones de ruido y la no polución directa en emisiones de PM10, SO2 y NO2, la seguridad energética es considerada como factor de decisión, finalmente los vehículos son eficientes en sus costos de operación.

4.2. MODOS DE TRANSPORTE DE LAS CIUDADES MÁS POBLADAS

En este capítulo se analizan las ciudades a nivel mundial en las cuales la población es muy elevada y que desde esa perspectiva se diseña el transporte masivo de pasajeros debido a la gran cantidad de usuarios que demandan este servicio, en ese sentido se establecen algunas características del transporte masivo de pasajeros en estas ciudades que se asemejan en cuanto a la gran afluencia de usuarios que actualmente utilizan el sistema Transmilenio en la ciudad de Bogotá. A continuación se describen las características de transporte masivo de pasajeros de las ciudades más pobladas en el mundo y en especial haciendo énfasis en los sistemas de transporte de buses (BRT), finalizando con algunos ejemplos de Sur América con sistemas de trolebús BRT.

4.2.1. VANCOUVER

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Vancouver está situada en la costa oeste de Canadá, sus límites son el estrecho de Georgia (Océano Pacífico) al oeste, las montañas al norte y al este, y la frontera con EE.UU. en el sur. El área total de servicio de tránsito es de 1800 kilómetros cuadrados, la ciudad de Vancouver tiene un área estimada de 100 kilómetros cuadrados, con una población aproximada de 2 millones para la región, y medio millón para la ciudad.

El terreno es variado, totalmente plano, al este y al sur y ondulado en gran parte del área densamente poblada, montañoso en la costa norte. La red de rutas es sobre todo un norte-sur, malla regular de este a oeste.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: TransLink es el órgano gestor de los servicios de transporte público, asumió el control del antiguo Sistema de Transporte Regional de Vancouver el 1 de abril de 1999, siendo responsable de la red de carreteras principales de la región, la verificación vehicular (AirCare) y la gestión de la demanda.

TransLink presta los servicios de transporte a través de sus filiales (Coast Mountain Bus Company, Skytrain, y West Coast Express), y por concesión con West Vancouver Municipal Transportation, Bowen Island Transit Service. Las tarifas y horarios de todos los operadores están coordinados por TransLink.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN





Ilustración 64. Operación ciudad de Vancouver

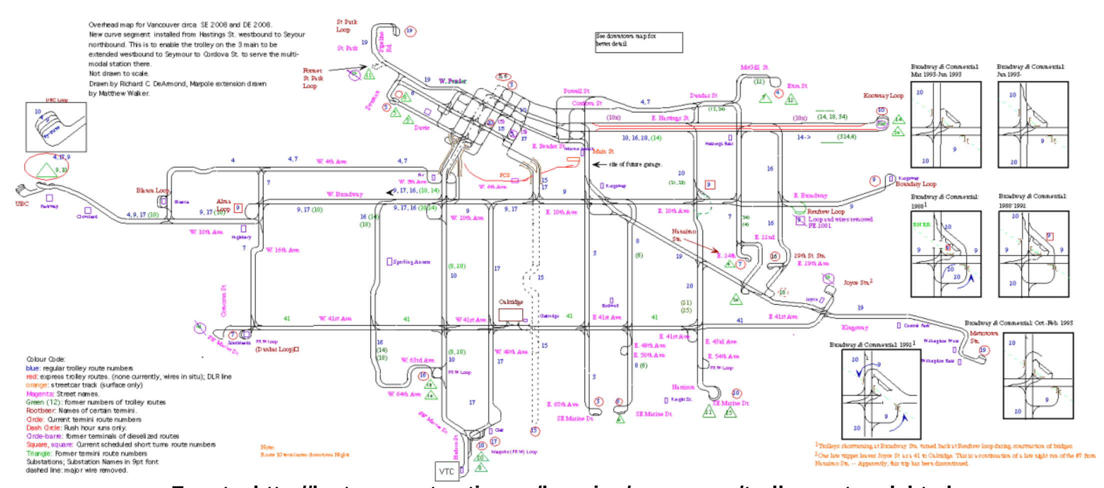


Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES

La red de rutas de los trolebuses en Vancouver incluye 306 km con catenarias

Ilustración 65. Red de rutas de los trolebuses en Vancouver



Fuente. http://bc.transport-action.ca/learning/vancouver/trolley_network.html

PATIOS: El patio central con un área de 200 metros de frente por 300 metros es decir de 6 hectáreas se presenta a continuación:

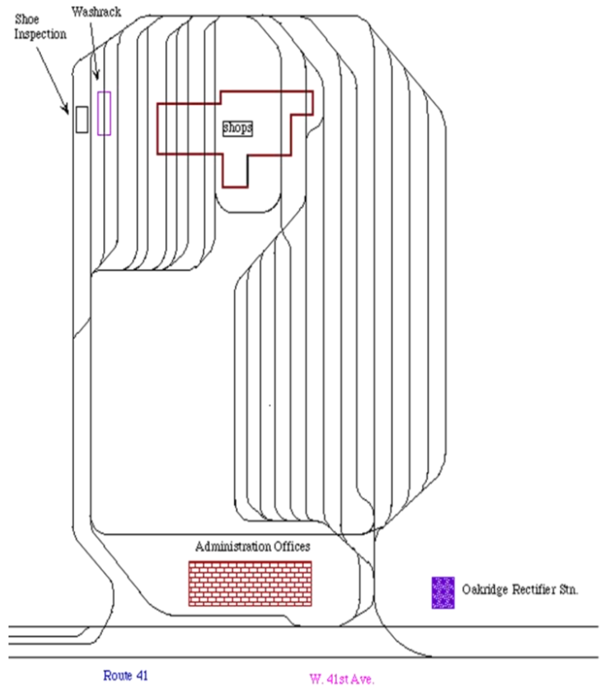








Ilustración 66. Patio Sistema de Transporte Vancouver





Fuente. **http://bc.transport-action.ca/learning/vancouver/trolley_network.html**

FLOTA: El comportamiento de la flota de la ciudad de Vancouver se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 33. Comportamiento de la flota Vancouver

TIPO DE VEHÍCULO	1999	2008	2010
Buses estándar (40 foot)			
Diesel/CNG	795	884	687
Trolley	244	188	188
Hibridos	0	0	180
Buses Articulados(60 foot)			
Diesel/CNG	42	40	115
Trolley	0	0	74
Hibridos	0	0	39
TOTAL BUSES URBANOS	1081	1112	1283

Fuente. **http://bc.transport-action.ca/learning/vancouver/trolley_network.html**





4.2.2. TOKIO

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD

Tokio está dividido en dos áreas principales: la continental y la insular. El área continental está localizada en el margen noroeste de la bahía de Tokio y está enclavada en el centro-oeste de la isla de Hondo o Honshu, formando parte de la región de Kanto. Las coordenadas del centro de Tokio son 35°41' Norte, 139°46' Este. Limita con la prefectura de Chiba al este, Yamanashi al oeste, Kanagawa al sur y Saitama al norte.

El área insular de Tokio abarca dos cadenas de islas en el océano Pacífico, en dirección sur: las islas Izu, que recorren de manera paralela a la península de Izu, en la prefectura de Shizuoka, y las islas Ogasawara que se encuentran a más de mil kilómetros del área continental de Tokio. La más distante es Minami Torishima que está a 1.850 kilómetros.

Tokio incluye lagos, ríos, represas, granjas y parques nacionales, además de las estructuras que han sido construidas por el hombre. Tokio es también parte del Área del Gran Tokio, que incluye las prefecturas de Kanagawa, Saitama y Chiba

Los medios de transporte público de Tokio son eficientes y comunican todas las zonas de la capital nipona, el transporte privado es incómodo y lento en comparación con el transporte público que cuenta con Metro que es el medio de transporte por excelencia, y que en algunos casos se ha quedado anticuado aunque la calidad del servicio es excelente. La Línea Yamanote que junto al Metro es la línea de tren que comunica de forma rápida las principales zonas de interés de Tokio y moviliza cerca de 3.5 millones de personas por día, el autobús no es un medio de transporte preferido aunque es una buena forma de transporte, el taxi es un modo de transporte costoso en ciertas horas.
El sistema de pago con tarjeta crédito o tarjetas monederos (Suica/pasmo) es usado para pagar el transporte público.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: El Metro de Tokio es un sistema de transporte operado por dos compañías diferentes, la compañía Toei y la del Metro de Tokio.
Tokio cuenta con 13 líneas de metro, con una longitud total de 286,2 km, lo que la convierte en la sexta red de metro más grande del mundo, después de las de Shanghai, Nueva York, Londres, Moscú y Madrid. Es el segundo más usado del mundo, con 2.500 millones de usuarios cada año, va detrás del Metro de Moscú, con 2.600 millones.

A nivel nacional va por delante del Metro de Osaka, que es usado por 880 millones de usuarios/año. La primera línea de metro de Asia, fue inaugurada en Tokio en diciembre de 1927. En 1995 tuvo renombre internacional cuando el grupo terrorista Aum Shinrikyō ("Verdad Suprema") perpetró varios atentados con gas sarín (un gas nervioso) en las instalaciones del metro, provocando la muerte a 27 personas.
Nueve de las trece líneas son gestionadas por las Autoridades de Tránsito Rápido Teito (Eidan), una corporación especial establecida por el Gobierno Central y el Gobierno Metropolitano de Tokio. Las otras cuatro líneas son gestionadas por el Gobierno Metropolitano de Tokio (Toei). Las 23 ciudades de Tokio cuentan con 231 estaciones con un



promedio de una estación por cada 1,66 km² dentro de la región de 23 ciudades. Los usuarios podrán cambiar de una línea a otra y de línea de metro a los trenes de cercanías. Esto favorece las conexiones rápidas, aunque con frecuencia la red es muy enmarañada. Por ejemplo, la estación de Nagatacho (línea Yurakucho) y la Estación de Akasaka Mitsuke (línea Marunouchi) se encuentran a tan sólo 250 metros, medidos en línea recta.

El autobús es uno de los principales **medios de transporte en Tokio** después de las líneas de tren y metro. Este medio es ideal para acortar distancias entre los distintos puntos históricos de Japón, además es rápido, económico y funciona bien debido a la estricta delimitación que cumple cada una de las líneas.



Ilustración 67. Operación ciudad Tokio



Fuente: Consulta google

Hay que destacar que el autobús es el medio de transporte ideal para ir desde el **Aeropuerto Internacional de Tokio-Narita** (donde aterrizan la gran mayoría de los vuelos provenientes de América y Europa) hasta el centro de la ciudad. El precio del billete para este recorrido es de 3.500 yenes (32 euros) y el precio promedio del pasaje de cualquier ruta es de 1,8 euros (los niños menores de un año viajan gratis y los menores de doce sólo pagan el cincuenta por ciento de la tarifa), fianalmente el billete se paga al salir del autobús ya sea en efectivo o con la **tarjeta de transporte Suica/Pasm**. Este sistema tiene 75 kilómetros de viaje entre la terminal aérea y el centro de la ciudad y los buses circulan en las primeras horas de la mañana hasta las 10 de la noche.





ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Tabla 34. Convención de la operación en la ciudad de Tokio

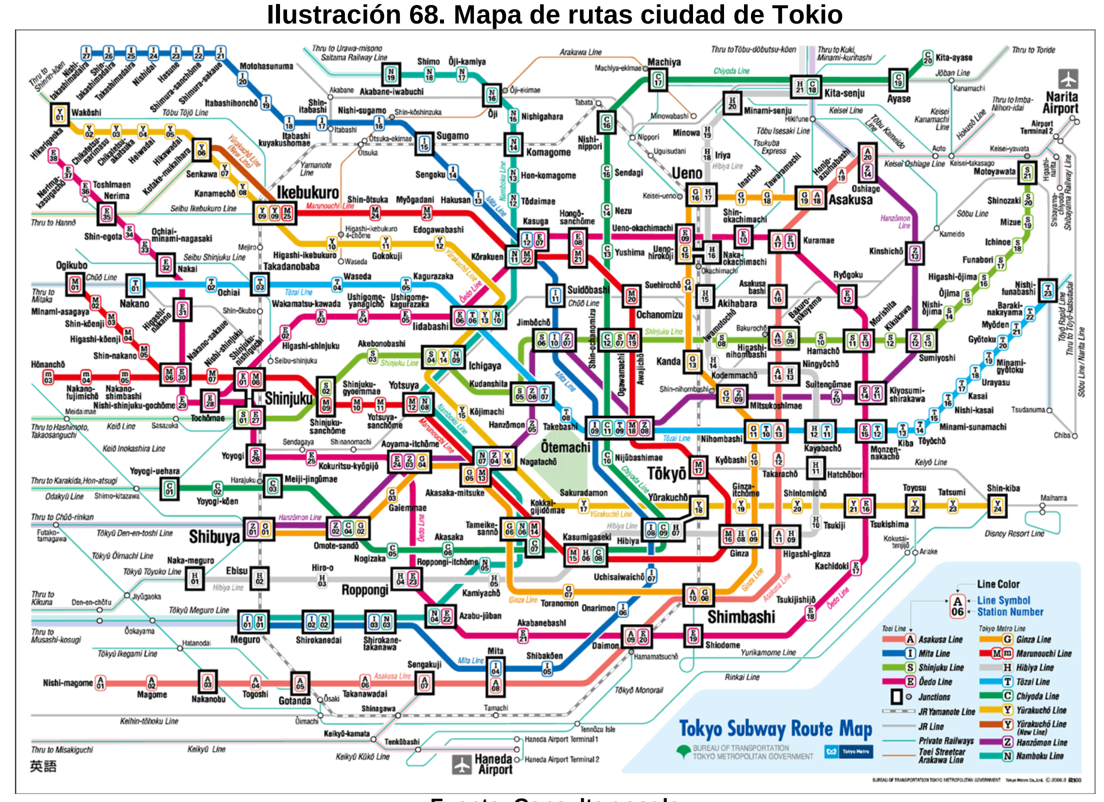
Color de la línea	Letra	Número de línea	Línea
Metro de Tokio			
orange	G	Línea 3	Línea Ginza
red	M	Línea 4	Línea Marunouchi
	m		Línea Marunochi (Rama auxiliar)
silver	H	Línea 2	Línea Hibiya
sky blue	T	Línea 5	Línea Tozai
green	C	Línea 9	Línea Chiyoda
yellow	Y	Línea 8	Línea Yūrakuchō
purple	Z	Línea 11	Línea Hanzōmon
teal	N	Línea 7	Línea Namboku
brown	F	Línea 13	Línea Fukutoshin
Suburbanos Toei			
rose	A	Línea 1	Línea Asakusa
blue	I	Línea 6	Línea Mita
leaf green	S	Línea 10	Línea Shinjuku
ruby	E	Línea 12	Línea Ōedo

Descripción	
Tipo	Metro
Inauguración	30 de diciembre de 1927
Características técnicas	
Longitud	328 km
Estaciones	282
Ancho de vía	1.067 mm (ancho estándar)
Explotación	
Líneas	13
Pasajeros	aprox. 8,7 millones (promedio diario)
Operador	Tokyo Metro, Oficina Metropolitana de Transportes de Tokio, Tokio Waterfront Area Rapid Transit, Inc.
Mapa	

Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES

Ilustración 68. Mapa de rutas ciudad de Tokio



Fuente: Consulta google

4.2.3. NUEVA YORK

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Nueva York está ubicada en el noreste de Estados Unidos, en el sureste del estado de Nueva York y aproximadamente a mitad de distancia entre Washington D.C. y Boston. Su ubicación en la boca del río Hudson que forma un amplio puerto natural protegido desembocando en el océano Atlántico, ha ayudado al crecimiento de la ciudad y a su importancia como ciudad comercial. La mayor parte de Nueva York se asienta sobre tres islas: Manhattan, Staten Island y Long Island, haciendo que el terreno edificable sea escaso y generando así una alta densidad de población.

El río Hudson fluye a través del valle homónimo hasta la bahía de Nueva York. Entre Nueva York y la ciudad de Troy, el río se convierte en un estuario, sometido a los flujos de las mareas marítimas. El Hudson separa la ciudad de Nueva Jersey. El río Este (East River) fluye desde el estrecho de Long Island, separando el Bronx y Manhattan de Long Island en tanto que el río Harlem, entre los ríos Este y Hudson, separa Manhattan del Bronx.

El terreno de la ciudad ha sido alterado considerablemente por la intervención humana ya que varios terrenos han sido ganados a los ríos desde los tiempos coloniales neerlandeses.



El área de la ciudad es de 831,4 km². El punto más alto de la ciudad es la colina Todt en Staten Island (124,9 metros sobre el nivel del mar). La cima está cubierta por bosques, siendo parte del cinturón verde de Staten Island.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: Es el sistema de transporte ferroviario urbano más grande en los Estados Unidos y uno de los más grandes del mundo, con entre 420 y 475 estaciones (dependiendo de cómo se contabilicen los puntos de transbordo: la MTA usa 468 como número oficial de estaciones) y 656 millas (1.056 km) de vías primarias en servicio. Si se cuentan las vías secundarias en talleres y cocheras el total asciende a 842 millas (1.355 km). Este metro es operado por la Autoridad de Tránsito de la Ciudad de Nueva York (New York City Transit Authority en el original inglés), denominándose coloquialmente MTA New York City Transit por parte de la Autoridad Metropolitana de Transporte (Metropolitan Transportation Authority en inglés, en adelante MTA) de quien es una agencia afiliada. Ambas son agencias creadas por el legislativo del Estado de Nueva York, en 1953 y 1968, respectivamente, para operar los transportes de titularidad pública de la ciudad de Nueva York en el caso de MTA New York City Transit por un lado y para supervisar el transporte público de masas en la Región de la Ciudad de Nueva York en el caso de MTA.

Está pendiente de aprobación una Ley que unirá las operaciones de metro de MTA New York City Transit con MTA Staten Island Railway para conformar la nueva agencia MTA Subways. A su vez, las operaciones de autobuses de MTA New York City Transit pasarán a otra agencia denominada MTA Bus (ya creada y que actualmente acoge a los antiguos operadores privados de autobuses de la ciudad, adquiridas entre el 3 de enero de 2005 y el 20 de febrero de 2006).

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Tabla 35. Características Sistema de Transporte Nueva York

Descripción	
Tipo	Metro
Inauguración	*Primera sección subterránea*: 27 de octubre de 1904 *Primera operación elevada*: 3 de julio de 1868 *Primera operación de ferrocarriles*: 9 de octubre de 1863[1]
Características técnicas	
Longitud	229 mi (368 km) longitud de la ruta 656 mi (1056 km) longitud de las vías (ingresos) 842 mi (1355 km) longitud de las vías (total)
Estaciones	468
Ancho de vía	1.435 mm (4 ft 8½ in) (ancho estándar)
Electrificación	625V (CC) tercer raíl
Explotación	
Estado	En servicio
Líneas	24[2]
Pasajeros	5.086.833 (promedio laborables en 2009)[3]
Operador	New York City Transit Authority (NYCTA)

Fuente: Consulta google





Ilustración 69. Mapa de Sistema de Transporte de Nueva York

Fuente: Consulta google

Ilustración 70. Rutas de Sistema de Transporte de Nueva York

Fuente: Consulta google

Tabla 36. Convención rutas del Sistema de Transporte de Nueva York

Ruta	Línea	Ruta	Línea	Ruta	Línea
1	Broadway-Seventh Avenue Local	A	Eighth Avenue Express	L	Canarsie Local
2	Broadway-Seventh Avenue Express	B	Sixth Avenue Express	M	Nassau Street Local
3	Broadway-Seventh Avenue Express	C	Eighth Avenue Local	N	Broadway Local
4	Lexington Avenue Express	D	Sixth Avenue Express	Q	Broadway Express
5	Lexington Avenue Express	E	Eighth Avenue Local	R	Broadway Local
6 6	Lexington Avenue Local/Express	F	Sixth Avenue Local	S	Franklin Avenue Shuttle
7 7	Flushing Local/Express	G	Crosstown Local	S	Rockaway Park Shuttle
S	42nd Street Shuttle	J	Nassau Street Express	Z	Nassau Street Express

Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES: El transporte público es el principal medio de transporte de los neoyorquinos. Nueva York es la única ciudad del país en la que más de la mitad de los hogares no disponen de un coche. En Manhattan, más del 75% de sus residentes carece de automóvil propio; a nivel nacional, este porcentaje es del 8%.112

El metro de Nueva York es el sistema de metro más grande del mundo según la longitud sumada de sus vías (1.062 km) y también es el que más estaciones activas tiene, con 468. Es además el cuarto con mayor cantidad de pasajeros anuales, con 1.400 millones en 2005. Se destaca además su funcionamiento durante las 24 horas del día en casi la totalidad de la red (aunque con algunas diferencias en las frecuencias de los trenes con respecto al día y la noche), en contraste con el cierre nocturno del metro de la mayoría de las ciudades, como Buenos Aires, Londres, París, Washington D.C., Tokio, São Paulo, México D. F., Medellín y Madrid.

Sin embargo, Nueva York es la ciudad estadounidense en la que más tiempo tardan sus habitantes en llegar al trabajo, con un tiempo medio de 36,2 minutos.

El sistema vial de la ciudad es grande y complejo. Incluye el puente colgante más largo de América del Norte, el puente Verrazano Narrows el Túnel Holland, el primer túnel vehicular ventilado mecánicamente, más de 12.000 taxis y un teleférico que comunica la Isla Roosevelt con Manhattan.

La flota de buses de la ciudad y la red ferroviaria son las más grandes de Norteamérica. Esta red ferroviaria, que conecta los suburbios de la región limítrofe entre los estados de Nueva York, Connecticut y Nueva Jersey con la ciudad, tiene más de 250 estaciones y 20 líneas férreas. El sistema converge en las dos estaciones más concurridas de Estados Unidos: Grand Central Terminal y la Estación Pensilvania.



La ciudad es la principal puerta de entrada de viajeros aéreos internacionales. El área se sirve de tres importantes aeropuertos, el Aeropuerto Internacional John F. Kennedy, el Aeropuerto Internacional Libertad de Newark y el Aeropuerto La Guardia. Hay planes para la adquisición de un cuarto aeropuerto, el Aeropuerto Internacional Stewart, cerca de la localidad de Newburgh, el cual sería ampliado y acondicionado por la Autoridad Portuaria de Nueva York y Nueva Jersey (entidad que también administra los otros tres aeropuertos) para aliviar el ascendente volumen de pasajeros. Cien millones de viajeros usaron los tres aeropuertos en 2005 y el espacio aéreo de la ciudad es el más congestionado del país.

Existe además una amplia red de autopistas que comunican la ciudad con sus suburbios al norte de Nueva Jersey, el condado de Westchester, Long Island y el sudeste de Connecticut. Es bastante común que se formen largas congestiones de tráfico a diario, en particular durante las horas pico

FLOTA: Existen diversas alternativas muy eficientes en Nueva York como el Metro, los autobuses y taxis, con una tarjeta de pago denominada Metro Card, de igual forma existen modos como Limusina, Wáter Taxi, Downtown Connection, Tren, Coches en alquiler, Air Train, Van, Bicicletas, Helicópteros, Bicicletas Taxi y Carruajes de Caballos

New York City Transit buses, escrito en los autobuses como MTA New York City Bus, es un servicio de autobuses que opera en los cinco in boroughs de la Ciudad de Nueva York, y tiene más de 4.500 autobuses, 1 en 200 rutas locales y 40 expresos 2 dentro de los cinco boroughs de la Ciudad de Nueva York en los Estados Unidos. El sistema fue hecho para ayudar a complementar a las líneas del Ferrocarril de la MTA - el Metro de Nueva York, Ferrocarril Staten Island, Ferrocarril de Long Island y el Ferrocarril Metro-North.


Ilustración 71. Flota del Sistema de Transporte de Nueva York



Fuente: Consulta google





A continuación se presenta una ilustración de las rutas del sistema de transporte de la ciudad de Nueva York y que contempla las rutas operacionales del sistema de buses que operan en la ciudad.

Ilustración 72. Rutas de operación del sistema de buses de Nueva York

Fuente: Consulta google



La siguiente ilustración muestra los servicios que presta el sistema de buses en la ciudad de Nueva York:

Ilustración 73. Convención rutas del sistema de buses de Nueva York

Bronx Bus Routes	
Bx1	Riverdale - Mott Haven
Bx1	Riverdale - Mott Haven LTD
Bx2	Kingsbridge Heights - Mott Haven
Bx3	Riverdale - George Washington Bridge
Bx4	Westchester Sq - The Hub
Bx4A	Westchester Sq - The Hub
Bx5	Pelham Bay - West Farms Rd / Southern Blvd
Bx6	Hunts Point - Riverside Dr
Bx7	Riverdale - Washington Heights
Bx8	Williamsbridge - Locust Point
Bx9	Riverdale - West Farms Sq
Bx10	Riverdale - Norwood
Bx11	West Farms Rd - Southern Blvd / GW Bridge
Bx12	Pelham Pkwy - Fordham Rd
Bx12	SBS Pelham Pkwy-Fordham Rd
Bx13	George Washington Bridge - 149 St
Bx15	Fordham Plaza - Manhattanville
Bx16	Pelham - Norwood
Bx17	Fordham Plaza - Port Morris
Bx18	Tremont - Morris Heights
Bx19	NY Botanical Garden - Riverbank Park
Bx20	Riverdale - Inwood
Bx21	Westchester Sq - Mott Haven
Bx22	Bedford Park - Castle Hill
Bx23	Pelham Bay - Co-op City Loop
Bx24	Pelham Bay - Country Club Loop
Bx26	Co-op City Section 5 - Bedford Park
Bx27	Clasons Pt - West Farms Rd / Southern Blvd
Bx28	Co-op City Section 5 - Fordham Center
Bx29	City Island - Co-op City Bay Plaza
Bx30	Co-op City Section 5 - Norwood
Bx31	Woodlawn - Westchester Sq
Bx32	Kingsbridge VA Hospital - Mott Haven
Bx33	Port Morris - Harlem
Bx34	Woodlawn - Fordham Center
Bx35	West Farms Rd / Southern Blvd - GW Bridge
Bx36	Soundview - George Washington Bridge
Bx36	Soundview - George Washington Bridge LTD
Bx38	Co-op City Bay Plaza - Norwood
Bx39	Wakefield - Clasons Pt
Bx40	Throgs Neck - River Park Towers
Bx41	Williamsbridge - The Hub
Bx41	SBS Williamsbridge - The Hub
Bx42	Throgs Neck - River Park Towers
Bx46	Hunts Point - Longwood
Q44	Bronx Zoo - Jamaica
Q50	Co-op City / Pelham Bay - Flushing LTD

Bronx Express Bus Routes	
BxM1	Riverdale - East Midtown
BxM2	Riverdale - West Midtown
BxM3	Yonkers - Midtown
BxM4	Woodlawn - Midtown
BxM6	Parkchester - Midtown
BxM7	Co-op City - Midtown
BxM8	Pelham Bay - Midtown
BxM9	Throgs Neck - Midtown
BxM10	Williamsbridge - Midtown
BxM11	Wakefield - Midtown
BxM18	Riverdale - Downtown

Fuente: Consulta google



4.2.4. BOMBAY

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Bombay se encuentra en la costa del mar Arábigo en el oeste de la India a 18,96 º Lat N y 72,82 º Long E. Los 437,77 km² del área metropolitana ocupan dos islas situadas frente a la costa que están unidas por puentes. El centro urbano de Bombay se encuentra en la isla homónima de 70 km² de superficie situada al sur, mientras que el resto de la región metropolitana, que agrupa los barrios periféricos y la ciudad de Thane, ocupan la mayor parte de los 533 km² de la isla de Salsette al norte.

Ambas islas están separadas entre sí y del continente por estrechos brazos de mar. Aparte de algunas elevaciones bruscas y aisladas de hasta 496 m de altura, las islas son llanas e incluso algunas partes de la isla de Bombay se encuentran por debajo del nivel del mar.

Al este se extiende el Konkan, nombre que recibe la franja costera de Maharashtra de unos 80 km de longitud, tras la cual se encuentran los Ghats Occidentales, cordillera de 1600 m de altura media que separa la franja costera de la meseta del Decán. El transporte con el Este resulta difícil debido a las bruscas laderas de la cordillera

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 74. Flota del sistema de buses de Bombay



Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES: Bombay es un importante núcleo de comunicaciones que cuenta con autopistas, terminales de autobuses interurbanos, el puerto más importante de la India y conexiones aéreas y ferroviarias con el resto del país y del mundo. En Bombay convergen dos líneas principales de la red ferroviaria; hacia el norte y el oeste se extiende el Western Railway "ferrocarril occidental" y hacia las regiones del este, centro y sur se extiende el Central Railway "ferrocarril central". Los trenes de esta última línea parten en su mayoría de la terminal ferroviaria de Victoria, que en la actualidad tiene el nombre de terminal Chhatrapati Shivaji. Otros trenes que unen Bombay con el sur utilizan la estación de Dadar, mientras que los que se dirigen al noroeste tienen su terminal en la Estación Central de Bombay.

Los medios de transporte urbanos de Bombay se han visto sobrepasados por el crecimiento del tráfico de los últimos años. El 15 de julio de 1926, se inauguró el servicio de autobuses motorizados. Entre 1962 y 1971, hubo también trolebuses en las calles de la ciudad. La





compleja red de autobuses de Bombay, lenta pero económica, da servicio a todas las zonas de la ciudad.

El tren ligero, inaugurado el 5 de enero de 1928, es un medio de transporte rápido. Los trenes van habitualmente llenos de pasajeros incluso fuera de las horas pico. Los servicios se prestan con una frecuencia de escasos minutos y paran en varias estaciones pequeñas. El servicio del ferrocarril ligero es esencial para el funcionamiento de la ciudad, ya que a través de éste millones de personas se desplazan diariamente entre sus hogares y sus lugares de trabajo.

FLOTA: Bombay cuenta con una compleja red de autobuses que es complementado por un tren ligero que es el más importante de la ciudad. Los autobuses públicos, operados por BEST (Bombay Electric Supply & Transport), cubren casi toda la metrópolis. Se usan para viajes de corta o media distancia, mientras que las tarifas de tren son más económicas para viajes de largo recorrido. La flota BEST está formada por autobuses rojos de una y dos plantas, todos ellos con aire acondicionado. Los autobuses parten cada 30 minutos y llevan el número de su ruta en la parte delantera. El destino viene marcado en lengua Marathi en el frente, y en inglés en el lateral del autobús.

4.2.5. SAO PAULO

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: El intenso proceso de expansión urbanística en la Grande Sao Paulo deja sin efecto las fronteras políticas entre los municipios de la región, creando una metrópolis cuyo centro está en Sao Paulo y abarca municipios aledaños, como Santo André, Sao Bernardo do Campo, Sao Caetano do Sul, Diadema (la llamada Región del Gran ABC), Osasco y Guarulhos, entre otros más. Algunos estudiosos alegan que de no ser creada una política integrada y coherente de desarrollo urbano, el destino de estas ciudades satélites será el descenso de calidad de vida de sus habitantes.

El ciudad de Sao Paulo limita con los siguientes municipios: Caieiras y Mairipora al norte, Guarulhos al noreste, Itaquaquecetuba, Poá y Ferraz de Vasconcelos al este, Mauá, Santo André, Sao Caetano do Sul, Sao Bernardo do Campo, Diademay nuevamente Sao Bernardo al sureste, Sao Vicente, Mongaguá e Itanhaém al sur, Juquitiba, Embu-Guacu, Itapecerica da Serra, Embu, Taboao da Serra, Cotia y Osasco al oeste y Santana de Parnaíba y Cajamar al noroeste. La Región Metropolitana de Sao Paulo está constituida por 39 municipios

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: El Transporte público en la Región Metropolitana de Sao Paulo está caracterizado por un sistema de transportes integrados, un conjunto de líneas de transporte metropolitano, ferroviario, y sobre carreteras intermunicipales, formadas por la Compañía del Metropolitano de Sao Paulo, por la Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos y por la EMTU. Está totalmente integrada, formando la Red Metropolitana de Sao Paulo y es esencial para la movilidad urbana de la Región Metropolitana de Sao Paulo.

La Secretaria de Transportes Metropolitanos del Estado de Sao Paulo es la responsable por las tres empresas de transporte público del estado, el Metro, CPTM (Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos) y EMTU/SP (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de Sao Paulo). Estas empresas son responsables del transporte de cerca de 6 millones de pasajeros por día.

Además de proporcionar la movilidad a cualquier ciudadano, inclusive a las personas con deficiencia física, existe la preocupación de proporcionar un ambiente más saludable que es un socio importante en el transporte metro-ferroviario, un sistema que contribuya con una menor polución atmosférica y proporcione a los ciudadanos un mayor tiempo libre y, a la ciudad, un menor congestionamiento en el tránsito.

El transporte metropolitano es, aun, un camino importante para la cultura y los ciudadanos. En los trenes, Ómnibus, estaciones y terminales, el pasajero encuentra obras de arte, exposiciones, performances, eventos culturales y participa de campañas de salud, educación e información.

El sistema metro-ferrovía tiene puntos de transferencia libre entre Metro y CPTM y está integrado con el sistema de Ómnibus urbano de la ciudad de Sao Paulo, a través del Billete Único, que es aceptado en todos los sistemas. Existe, además, integraciones puntuales del sistema intermunicipal de Ómnibus con el sistema metro-ferrovía.

La principal característica visual de la mayoría de los trenes, ómnibus y vans del sistema metropolitano son los colores azul (predominante), con detalles rojo y ceniza, además de la línea "METROPOLITANO" con los mismos colores.

La Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de Sao Paulo (EMTU/SP) es responsable por la expansión y operación del transporte de mediana y baja capacidad en las regiones metropolitanas de Sao Paulo, Campinas y Baixada Santista.

Es responsabilidad además de EMTU/SP (Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos), los traslados metropolitanos y los servicios especiales, como las conexiones entre los aeropuertos de Congonhas y Guarulhos y el Puente Orca. La empresa es la responsable por el corredor metropolitano Sao Mateus-Jabaquara y de las terminales multimodales y sistemas automatizados de pago de transporte. Los ómnibus intermunicipales tienen integración operativa y tarifaria con el sistema metro-ferrovía en la Línea 5 - Lila del Metro y con el sistema municipal de la capital en la terminal Sacomã del Expresso Tiradentes y de la Línea 2 - Verde.

Actualmente, EMTU-SP atiende todos los 67 municipios de las tres regiones metropolitanas, sumando 25 millones de habitantes, con una flota aproximada de 10.000 coches (la tercera mayor del país, detrás solamente de la flota municipal de la Capital Paulista y de la Capital Fluminense), con más de 60 empresas y 450 líneas; transportando 1,5 millones de usuarios por día.

El transporte sobre rieles en Sao Paulo es operado por dos empresas estatales: la Compañía del Metropolitano de Sao Paulo, que opera las líneas 1, 2, 3 y 5; y la Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos, que opera las demás líneas. La diferencia entre Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos y el Metro de Sao Paulo es que la primera tiene intervalos de tiempo mayores en las frecuencias de los trenes, por servir otros



municipios de la Región Metropolitana de Sao Paulo y por existir tránsito eventual de vehículos de carga. El gobierno del Estado de Sao Paulo, en conjunto con estas dos empresas, están trabajando en la conversión de líneas de CPTM a calidad de servicio de metropolitano, reduciendo los intervalos de tiempo entre trenes, mejorando la infraestructura de las estaciones, reacondicionando vías y cambiando trenes, con la compra de composiciones Alstom y CAF. Dichos objetivos están enmarcados dentro de un proyecto llamado Expansao-SP, el cual culminará a fines del año 2013. En 2010, entró en operación el consorcio ViaQuatro, empresa privada que opera la Línea 4 - Amarilla, y se prevé la entrega de varias estaciones de esta línea para el 2011.

Las integraciones entre metro-ferrovía en Sao Paulo son gratuitas, con excepción de las estaciones Tatuapé y Corinthians-Itaquera

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 75. Flota del sistema de buses de Sao Paulo




Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES

Ilustración 76. Mapa de rutas del Sistema de buses de Sao Paulo



Fuente: Consulta google

Tabla 37. Convención de rutas del sistema de buses de Sao Paulo

Línea	Terminales	Inauguración	Administración	Largo (km)	Estaciones
1 Azul	Tucuruvi ↔ Jabaquara	14 de setiembre de 1974	Metrô-SP	20,2	23
2 Verde	Vila Madalena ↔ Vila Prudente	25 de enero de 1991	Metrô-SP	14,6	14: 13 + 1(**)
3 Roja	Palmeiras-Barra Funda ↔ Corinthians-Itaquera	10 de marzo de 1979	Metrô-SP	22	18
4 Amarilla	Paulista ↔ Faria Lima	25 de mayo de 2010	ViaQuatro	12,8: 3,6 + 9,2(**)	11: 2 + 9(**)
5 Lila	Capão Redondo ↔ Largo Treze	20 de octubre de 2002	Metrô-SP	19,8: 8,4 + 11,4(**)	17: 6 + 11(**)
7 Rubi	Luz ↔ Francisco Morato	16 de febrero de 1867 (São Paulo Railway)	CPTM	38,969	13
8 Diamante	Júlio Prestes ↔ Itapevi	10 de julio de 1875 (Estrada de Ferro Sorocabana)	CPTM	35,283	20
9 Esmeralda	Osasco ↔ Grajaú	1957 (Estrada de Ferro Sorocabana)	CPTM	32,8	18
10 Turquesa	Luz ↔ Rio Grande da Serra	16 de febrero de 1867 (São Paulo Railway)	CPTM	37,203	14
11 Coral	Luz ↔ Estudantes	1886 (Central do Brasil)	CPTM	50,841 (Expresso Leste: 24,018; "Banda B":26,823)	16 (Expresso Leste: 7; "Banda B": 10)
12 Safira	Brás ↔ Calmon Viana	1934 (Central do Brasil)	CPTM	38,822	13

Fuente: Consulta google

Avenida Eldorado No. 66-63
PBX: (57) 220 3000
Fax: (57) 3249870-80
www.transmilenio.gov.co
Información: Línea 195







Los sistemas de transporte colectivo presentan cierto grado de heterogeneidad. Los dos principales medios de transporte público (el metro y el ómnibus) son administrados por las siguientes empresas: Compañía del Metropolitano es una empresa cuyo principal socio es el Estado de Sao Paulo, además de la reciente inauguración de la Línea 4 - Amarilla operada por el consorcio privado ViaQuatro; El sistema de trenes está dirigido y administrado por la Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos también en manos del gobierno del estado; y el sistema de ómnibus, compuesto por diversas empresas particulares, subordinadas por SPTrans, entidad administradora municipal.

En el año 2008 Sao Paulo y Belo Horizonte, fueron las dos primeras ciudades de América Latina en poseer informaciones de sus rutas de transporte público a través del sitio de internet Google Maps.

En Sao Paulo hay más de 7000 líneas de ómnibus urbano. La ciudad es una de las pocas en el mundo que posee un sistema GPS de rastreo y sincronización de los ómnibus de la ciudad, dicho rastreo se puede ver en Internet, y muchas paradas poseen paneles electrónicos con los tiempos de espera de cada línea.

17.000 autobuses constituyen la mayor parte del transporte público en Sao Paulo, incluyendo cerca de 290 trolebuses. El pago de las tarifas de los autobuses se puede hacer en efectivo o mediante una tarjeta de valor almacenado llamado Bilhete Único.

FLOTA: El transporte público colectivo en Sao Paulo presenta cierto grado de heterogeneidad, los dos principales medios son el Metro y el Ómnibus, que tiene cerca de 7000 líneas y 17000 autobuses con sistema de GPS y sincronización, complementado por el sistema de Trenes Metropolitanos que posee 93 estaciones y 6 líneas con un total de 339.3 kilómetros.

El Corredor Metropolitano ABD (San Mateo-Jabaquara) es un sistema de BRT con flota mixta, de autobuses y de trolebuses, las líneas son operadas por un concesionario privado desde 1997; el Sistema tiene como autoridad EMTU/SP(Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de Sao Paulo) que es directamente responsable por la gestión del sistema, mientras que la operación, el mantenimiento, los vehículos y el sistema de vías son de responsabilidad del sector privado por un periodo de 20 años por contrato. El corredor tiene 33 kilómetros y cruza varias ciudades de la región metropolitana de Sao Paulo, opera con 80 trolebuses y otros autobuses de diversos combustibles como hidrógeno, eléctrico y diésel, con una flota total de 260 vehículos operacionales y transporta 5.500.000 pasajeros por mes, la flota de trolebuses tiene configuraciones diferentes como padrón de piso bajo y articulado.

4.2.6. NUEVA DELHI

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: El Territorio Capital Nacional de Delhi tiene un área total de 1.483 km². Está situado entre la llanura Indo-Gangética y los montes Aravalis. La mayor parte del territorio está situado en la orilla oeste del río Yamuna. La ciudad está situada a





una altitud entre los 213 y los 305 metros sobre el nivel del mar. Está situada en la zona norte del país y limita con los estados de Uttar Pradesh y Haryana.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: El transporte ferroviário en Índia es un modo de transporte de larga distancia que consiste en operaciones ferroviarias operadas casi siempre por una empresa estatal, la Indian Railways, bajo control del Ministerio Federal del Ferrocarril. La red ferroviaria cubre toda la longitud del país, abarcando una extensión total de 63.140 kilómetros (39.234 millas). Es la segunda mayor red ferroviaria del mundo, que mueve más de 5.000 millones de pasajeros y más de 350 millones de toneladas de carga anualmente. Sus operaciones engloban veinte y ocho estados y tres territórios de la unión además de prestar servicios limitados al Nepal, Bangladesh y Pakistán.

Las vías de ferrocarril fueron introducidas en la India en 1853,2 y en la época de la Independencia de la India en 1947 se contaba ya con cuarenta líneas ferroviarias. En 1951 las líneas fueron nacionalizadas como una unidad -Indian Railways- para formar una de las mayores redes del mundo. Las locomotoras fabricadas en diversos lugares de la India reciben códigos que especifican sus series, potencia y el tipo de operación. Los semáforos son usados como señales, pero en algunas zonas remotas de operación también son utilizadas las señales mecánicas más primitivas. Las clases de viaje van desde general hasta primera clase. Los trenes son clasificados de acuerdo con la velocidad y área de operación. Muchos trenes son oficialmente identificados por un código de cuatro dígitos, aunque muchos son vulgarmente conocidos por nombres exclusivos. El sistema de venta de billetes fue informatizado a gran escala, y los billetes son encontrados tanto en la categoría de reserva como no reservados

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

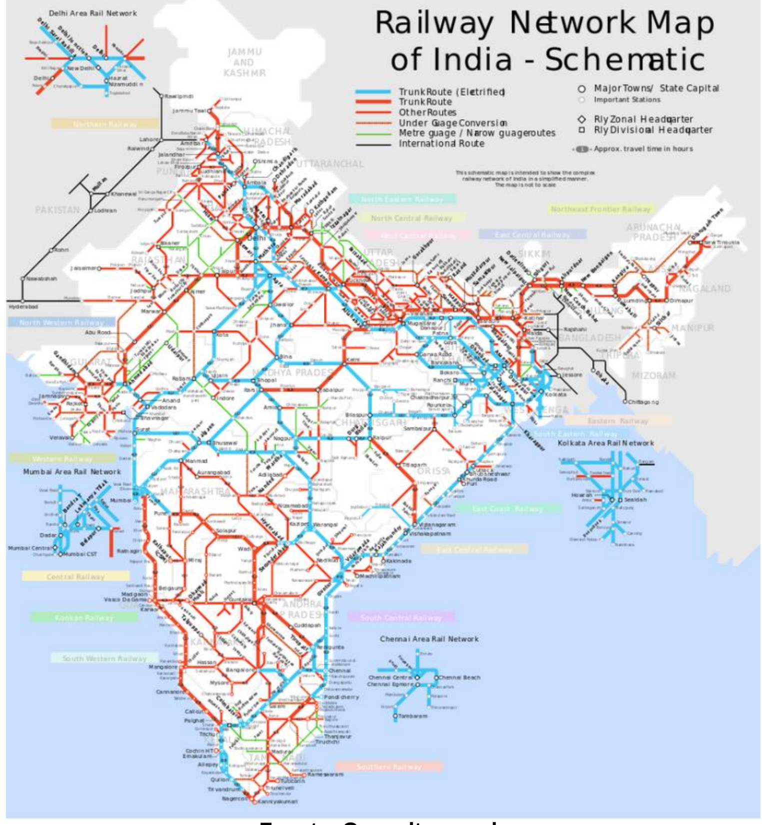
Ilustración 77. Sistema de transporte de Nueva Delhi



Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES

Ilustración 78. Mapa de rutas del sistema de transporte de Nueva Delhi



Fuente: Consulta google

La longitud total de vías utilizada por Indian Railways es de cerca de 108.805 km (67.608 millas), mientras que la longitud total de la red es de 63.465 km (39.435 millas). Cerca del 28% de las rutas y el 40% de las vías están electrificadas. Las secciones de vías son clasificadas de acuerdo con las velocidades entre 75 y 160 km/h (47 y 99 mph). Indian railways usa tres trochas: la trocha ancha (mayor que la patrón de 1435 mm (4 pies y 8 ½ dedos)), la trocha métrica; y la trocha angosta (más angosta que la trocha patrón).

La trocha ancha 1676 mm (5 pies 6 dedos) es la trocha más utilizada en la Índia con 89.771 km (55.781 millas) de recorrido. En algunas regiones con menos tráfico, la trocha métrica 1.000 milímetros (3 pies y 3,7 dedos) es común. Actualmente está en estudio el proyecto Unigauge (trocha única) que busca la conversión de todas las vías a la trocha ancha. La trocha angosta está presente en algunas pocas rutas, siendo encontrada en terrenos montañosos y en algunas vías de ferrocarril privadas (en función del costo), que son normalmente difíciles de convertir a la trocha ancha. La trocha angosta cubre un total de

3.350 km (2.080 millas). El ferrocarril de Montaña Nilgiri y el ferrocarril Himalayan Darjeeling son dos notables vías de ferrocarril en la colina que usan trocha angosta.

FLOTA: La estación de autobuses principal es Inter-State Bus Terminus (ISBT). Se encuentra cerca de la puerta de Cachemira y acoge diariamente a miles de viajeros. Cuenta con servicios específicos para los turistas como una oficina de turismo, un banco, una farmacia, restaurantes de comida rápida y cabinas telefónicas. Los autobuses salen rumbo a Haryana, Punjab, Rajasthan, Uttar Pradesh e Himachal Pradesh.

Desde la otra estación de autobuses ISBT situada en Sarai Kale Khan (cerca de la estación de tren de Nizamuddin) parten auboutses rumbo a Agra (la ciudad donde se encuentra el Taj Majal), Mathura y Brindavan, Gwalio y Bharatpur.

Fue diseñada para tener una gran conectividad por ferrocarril cuenta de igual forma con servicio de autobuses.

Ilustración 79. Flota del Sistema de buses de Nueva Delhi



Fuente: Consulta google

4.2.7. SHANGHÁI

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Asentado en el Delta del Río Yangtze, costa este de China, Shanghái es aproximadamente equidistante entre Pekín y Hong Kong. La municipalidad entera consta de la península entre el río Yangtze y la bahía de Hangzhou, la isla de Chongming (la tercera mayor de China) y varias islas pequeñas. Limita al norte y oeste con la provincia de Jiangsu, al sur con Zhejiang y al este con el Mar de China Oriental. El río Huangpu, afluente del Yangtze, divide la ciudad en dos: en su ribera occidental se halla el casco o centro histórico, Puxi, y en la oriental surge el distrito financiero Pudong.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: Shanghai Shentong Metro Group Co.,Ltd o abreviado Shanghai Metro es la compañía China adjudicataria del sistema de transporte ferroviario. Inició su funcionamiento en 1993 y para mayo de 2013 cuenta con 439 km de longitud, 12 líneas y 289 estaciones en total. Da servicio a aproximadamente 6,7 millones de

personas diariamente (año 2012). Todas las líneas son administradas por la empresa estatal Shanghái Metro Operation Company.

Shanghái cuenta con más de 1.000 líneas de autobús oficiales (incluyendo el centro y líneas de cercanías), servido por más de 10 compañías de autobuses. En el pasado, Bashi, Dazhong, Guanzhong y Qiangsheng eran las cuatro mayores, en el año 2009 se fusionaron para convertirse en Bashi autobús Empresas. Algunas rutas son operadas por el sistema de trolebuses de Shanghái , y aunque el número de estas rutas es relativamente muy pequeño en comparación con la red general de Shanghái tránsito, el sistema de trolebuses lleva la distinción de ser el sistema de este tipo más antiguo existente en el mundo (de más de 300 de estos sistemas aún en funcionamiento en 2011), que abrió sus puertas el 15 de noviembre de 1914.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 80. Sistema de transporte de Shanghái

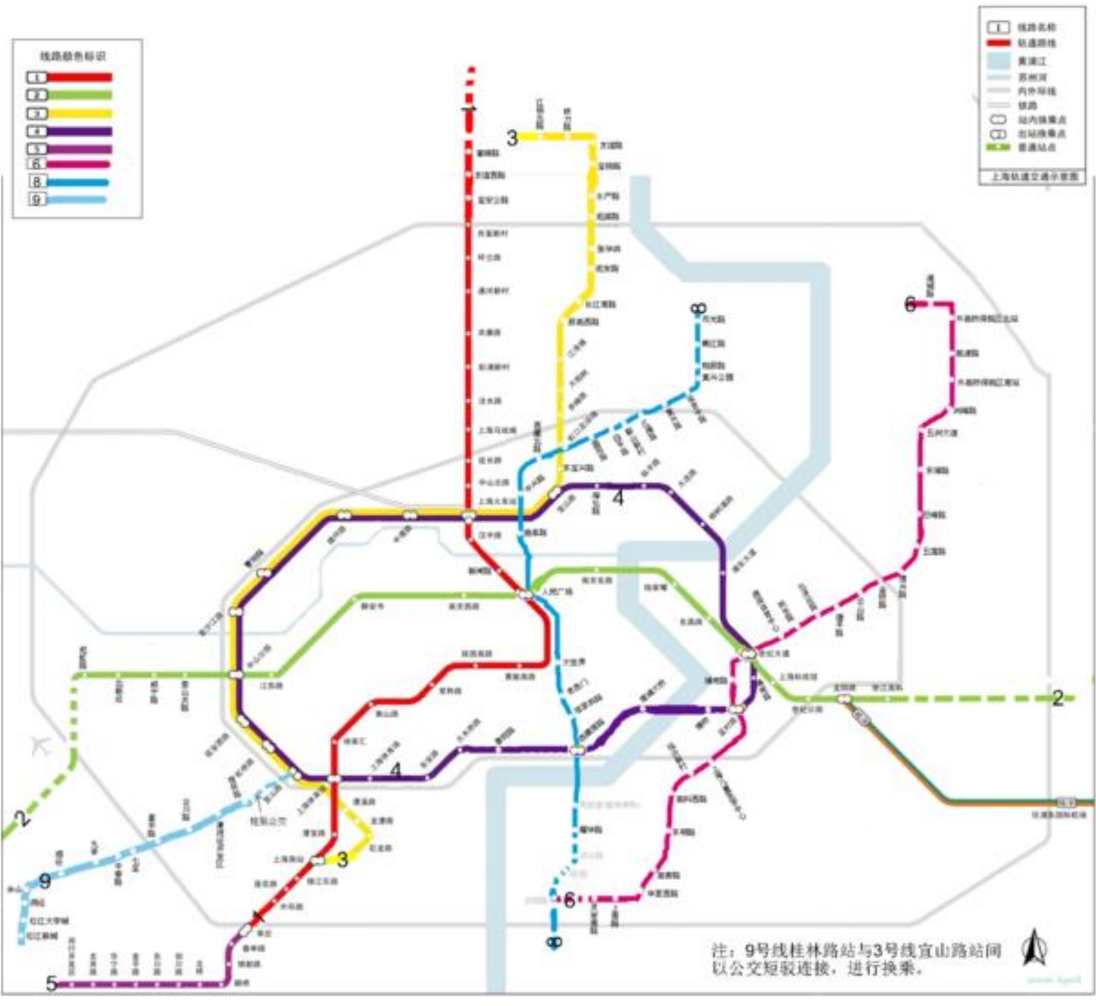


Fuente: Consulta google



RUTAS OPERACIONALES

Ilustración 81. Mapa de rutas del sistema de transporte de Shanghái



Fuente: Consulta google

FLOTA: Cuenta con un amplio sistema de transporte público, basado principalmente en autobuses con un robusto sistema que es el más grande del mundo con cerca de mil líneas de autobuses y con una amplia red del Sistema Metro, el sistema de transito rápido y el Metro Ligero que cuenta con 12 líneas, el tren de levitación magnética tiene un trayecto de 30 kms los cuales recorre en 7 minutos a una velocidad máxima de 431 km/h entre la Estación de la calle Longyang y el Aeropuerto Internacional de Pudong.







La estación de ferrocarril de Shanghái es el centro más importante del transporte ferroviario en Shanghái, la cuidad presenta excelentes conexiones con las urbes más importantes de su alrededor como Pekín o Hong Kong, los taxis son abundantes y la competencia en el mercado ha impulsado precios asequibles para el residente, en años anteriores la bicicleta era el medio de transporte más popular de Shanghái, pero la ciudad ha prohibido su circulación por ciertas calles principales para disminuir la congestión del tráfico

Ilustración 82. Mapa de rutas del sistema de transporte de buses de Shanghái

Fuente: Consulta google

4.2.8. BUENOS AIRES

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: La Ciudad de Buenos Aires se encuentra ubicada en Sudamérica, a 34° 36' de latitud sur y 58° 26' de longitud oeste, en la margen del Río de la Plata. Frente a sus costas se encuentra Colonia del Sacramento, y más lejos, Montevideo, la capital de Uruguay, a solo 220 km (45 min en avión ó 2.30 h en barco). A 1065 km (1.45 h de avión) se encuentra Asunción, capital del Paraguay; a 1139 km (2 h de avión), Santiago, capital chilena; y un poco más lejos, a 1719 km (3 h de avión), se encuentra Sao Paulo, la otra gran metrópolis de América del Sur.





ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 83. Flota del sistema de transporte de Buenos Aires



Fuente: Consulta google

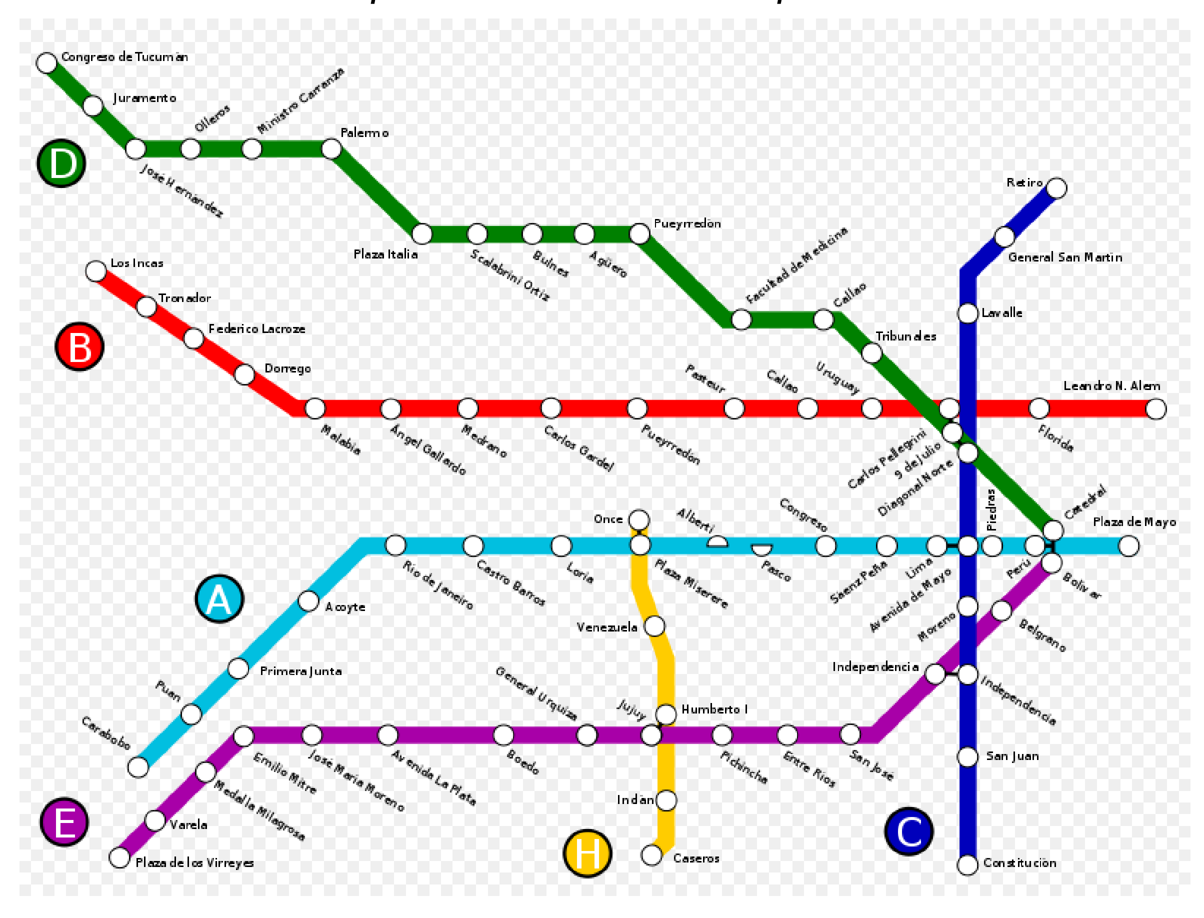
La red de subterráneos de la ciudad de Buenos Aires tiene un recorrido de más de 50 km, y cuenta actualmente con 6 líneas subterráneas A,B,C,D,E y H con los colores que se indican a continuación (A, B, C, D, E y H), tres proyectadas (F, G e I) y una que recorre la superficie, llamada Pre metro. El sistema de Buenos Aires se inauguró en 1913 y fue el primero en construirse en Iberoamérica.

Además, se encuentran en construcción el segundo tramo de la línea H, que actualmente conecta los barrios de Parque Patricios y Balvanera bajo la traza de las avenidas Jujuy y Pueyrredón, y finalmente unirá el sur de la ciudad desde Pompeya con la estación ferroviaria de Retiro; y las ampliaciones de la línea A hasta Flores, la Línea B hasta Villa Urquiza y la Línea E hasta Retiro.

La línea A todavía conserva, prácticamente sin modificaciones, los trenes La Brugeoise de principios del siglo XX, y por ende, forma parte del atractivo turístico de esta ciudad. La Línea B es la única con alimentación eléctrica a través del tercer riel, ya que el resto de las líneas lo hace por catenaria y línea aérea. Ninguna línea posee tracción con llantas neumáticas. El servicio fue privatizado y el 1 de enero de 1994 quedo a cargo de la empresa Metrovías S.A., quien brindará el servicio hasta finales de 2017. El horario de funcionamiento depende del día de la semana: de lunes a sábado funciona de 5 a.m. a 10:30 p.m. mientras que los domingos y feriados funciona de 8 a.m. a 10 p.m., siempre con una tarifa fija de 2,50 pesos argentinos. Usa pases magnéticos de simple uso y recargables

RUTAS OPERACIONALES:

Ilustración 84. Mapa de rutas del sistema de transporte de Buenos Aires



Fuente: Consulta google

El transporte de la ciudad de Buenos Aires es el más extenso y complejo de la República Argentina. Esto se debe a que Buenos Aires es la ciudad con mayor cantidad de habitantes del país, sumando a que gran cantidad de habitantes de los partidos del Gran Buenos Aires se trasladan a la ciudad, principalmente por motivos laborales (se calcula que el 45% de las personas que trabajan en la ciudad habitan en la provincia).

Los principales accesos por autopista son: la Autopista Buenos Aires - La Plata, la Autopista Ricchieri, la Autopista Acceso Oeste y la Autopista Acceso Norte.

El 31 de mayo de 2011 se inauguró el Metrobus, un sistema de buses articulados con carriles exclusivos que funciona por la Avenida Juan B. Justo, con 21 paradas a lo largo de 12,5 kilómetros entre Palermo y Liniers. El transporte público de la ciudad está compuesto principalmente por líneas de colectivos. Existen más de 135 líneas, y sus recorridos

conectan no sólo diferentes puntos de la ciudad, sino también a la ciudad con distintos municipios del Gran Buenos Aires. Los colectivos no tienen horario fijo y funcionan durante todo el día, solo se asegura su frecuencia, que varía según la hora del día. La misma suele ser inferior a los 10 minutos en el horario de 7 a.m. a 9 p.m., y entre la medianoche y las 3 a.m. suele ser de una hora o suspenderse el servicio, dependiendo de los barrios por los que cruza el recorrido.

Cada recorrido está dividido en secciones que tienen una longitud entre 3 y 6 kilómetros, esto sirve para determinar el costo del boleto, el cual aumenta cada vez que se cruza de sección. Para viajes mayores a las 3 secciones, rige el precio de la tercera sección.

Para reducir la carga de trabajo de los choferes y ayudar a la seguridad vial, la facturación se realiza desde el año 1994 con máquinas expendedoras de boletos que utilizan solamente monedas. Sin embargo, los choferes a veces llevan cambio para dar a los pasajeros que no tengan monedas.

En algunas líneas se ha implementado el uso de tarjetas especiales de cartón con bandas magnéticas, en las cuales se debita el importe del viaje. Las tarjetas pueden comprarse solamente en las cabeceras de la línea, o al guarda que controla los boletos si se lo cruza en la unidad (conocido vulgarmente como "chancho") pero la obligación de este es controlar el horario del servicio en determinados puntos del recorrido. En algunas paradas importantes, suele cobrar a los pasajeros mientras llega la unidad que los lleve. Esto se hace para que el conductor solo deba cargar al pasaje y evite demorarse con la facturación del boleto de cada pasajero.

La tarifa dentro de la ciudad varía entre 1,50 y 1,70 pesos argentinos para recorridos dentro de la capital federal. Para los que abonan con monedas la tarifa varía entre 3 y 5,50. El volumen de pasajeros transportados en forma anual, en la zona metropolitana, es de 400 millones.

Las empresas de transporte metropolitano reciben diferentes tipos de subsidios. El más importante es el subsidio al gasoil, que representa un 57% del valor de mercado. El Estado también otorga un subsidio a cada línea, cuyo monto depende de la recaudación, los kilómetros recorridos y la cantidad de pasajeros transportados, que en promedio es de 1.900 pesos mensuales por cada unidad en circulación.

Varias empresas, como el grupo Plaza o la Línea 132 han comenzado a implementar coches articulados, en manera de prueba, buscarán renovar su flota con colectivos de última generación. A pesar de lo sucedido en Chile con Transantiago en Argentina se prevé traer a circulación a los buses articulados con el fin de disminuir el agitado tránsito de la ciudad.

FLOTA: En julio de 2013 fue inaugurado el Metrobus que circula en la avenida 9 de julio con un largo de 3 kilómetros.

El transporte de la ciudad de Buenos Aires es el más extenso y complejo de la República Argentina y obedece a que es la cuidad con mayor número de habitantes del país a los que se le suman los habitantes de las provincias cercanas y que trabajan en la cuidad.

El medio de transporte público de mayor uso es el colectivo que permite conectar los diferentes puntos de la cuidad, seguido de la red ferroviaria, otro medios de transporte son el taxi y el tranvía con menos importancia.

La red de subterráneos tiene un recorrido de 50 kms y cuenta con 6 líneas subterráneas.
El servicio ferroviario es utilizado masivamente como transporte urbano permitiendo la conexión con la red de subterráneos siendo muy eficiente.

Existen cerca de 135 líneas de servicio colectivo los cuales no tiene un horario fijo, solo se asegura su frecuencia que varía de acuerdo a la hora del día.

4.2.9. MOSCÚ

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Moscú se encuentra a las orillas del río Moskva, que fluye por poco más de 500 kilómetros a través de la llanura de Europa oriental en el centro de Rusia. 49 puentes atraviesan el río y sus canales dentro de los límites de la ciudad. La elevación de Moscú, en el Centro de exposiciones de Rusia, donde se encuentra la principal estación meteorológica de Moscú, es de 156 metros. Las tierras altas de Teplostanskaya son el punto más alto de la ciudad, a 255 metros. El ancho de la ciudad de Moscú (sin incluir el anillo de circunvalación MKAD) de este a oeste es de 39,7 km, y la longitud de norte a sur es de 51,8 kilómetros.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN


Ilustración 85. Flota del sistema de transporte de Moscú



Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES: Es el segundo transporte más popular de Moscú, después del metro. El servicio dispone de algunos vehículos confortables y modernos, pero por lo general resulta algo lento e impuntual.

Hay autobuses estatales y privados. La mayoría circulan por el centro pero algunos llegan hasta las afueras de la capital. Al igual que el tranvía y trolebús, los billetes se pueden comprar en los quioscos y en las paradas de metro. Algunos de los autobuses tienen un

sistema de torniquete que impide subir sin el billete. Las estaciones estatales están señalizadas con la letra “A”, mientras que las privadas con la “K” y “E”. En los coches hay altavoces y pantallas electrónicas que indican las próximas paradas. El servicio opera entre las 6 a.m. y la 1 a.m. A pesar de que en muchos casos resulta la única opción para llegar a barrios alejados del centro de la ciudad, por lo general el autobús no es un medio de transporte recomendado debido al caos de las calles de Moscú, donde circulan a diario más de 2,6 millones de automóviles.

FLOTA: En Moscú existe una red de transporte urbano bien desarrollada que cuenta con una extensión de líneas de al menos 2000 kms, autobuses, trolebuses y tranvías que operan las 24 horas y trasladan un promedio de 5.5 millones de pasajeros, en tanto que el metro que es el medio de transporte más popular transporta a cerca de 9.5 millones de personas día. El metro de Moscú orgullo de los moscovitas por su arquitectura e historia, palacio de subterráneo vestido de granito y mármol donde se admiran mosaicos, esculturas y vidrieras, es un medio rápido, seguro, cómodo y barato el cual llega a cualquier punto de la cuidad. El autobús es el transporte más popular y difundido después del metro, iniciaron operación en los años 1917 y hoy en día cuenta con 18 parques de autobús con cerca de 1000 rutas y equipos modernos, la red de trolebuses es la más extendida del mundo y es un transporte ahorrativo y ecológico.

El tranvía es el más reposado pero a la vez el más ecológico entre los transportes terrestres de Moscú, pocas rutas se han conservado en el centro de Moscú, circulan en la cuidad alrededor de 5000 taxis. En Moscú el autobús es el medio de transporte más popular, después del metro. Los primeros autobuses en la capital rusa aparecieron antes de la Revolución de Octubre de 1917, en estos días los 18 terminales de autobuses ofrecen servicios a los pasajeros en aproximadamente mil rutas distintas. Los autobuses modernos y confortables llevan a los pasajeros no solamente a cualquier punto de la ciudad sino también a las afueras de la capital. Se puede elegir la ruta necesaria viendo la página web Las rutas de Moscú .
Muchos autobuses, especialmente los de las zonas alejadas del centro de la ciudad y los de la carretera, son expresos y van parando a petición del pasajero. Generalmente, en el salón del autobús hay pantallas electrónicas, en las que se ve el nombre del paradero, además los paraderos son anunciados por el altavoz. Sin embargo, los paraderos de autobuses aun no disponen de tecnologías electrónicas.

En Moscú los paraderos del autobús están marcados con unas placas de color amarillo-naranja con la letra "A" las cuales indican los números de rutas e itinerarios de los autobuses.

4.2.10. LOS ÁNGELES

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Los Ángeles tiene un área total de 1.290,6 km², de los cuales 1.214,9 km² son tierra, y el resto (75,7 km²), agua. Esto la convierte en la decimocuarta ciudad más extensa de los Estados Unidos. Mide 71 km en sentido longitudinal y 47 km de este a oeste. El perímetro de la ciudad es de 550 km.



El punto más alto es el Monte Lukens, también llamado Pico Sister Elsie. Está ubicado al noreste del Valle de San Fernando y posee una altura de 1.548 m. El principal río es el río Los Ángeles, que comienza en el barrio Canoga Park y es en gran parte estacional. Está casi totalmente revestido de hormigón y desemboca en el Océano Pacífico.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: El Metro de Los Ángeles es un sistema de ferrocarril metropolitano que opera en el condado de Los Ángeles, California, Estados Unidos. El sistema es parte de la red de transporte público operada por la Autoridad de Transporte Metropolitano del Condado de Los Ángeles (LACMTA por sus siglas en inglés), agencia gubernamental descendiente de la compañía Electric Pacific Railways que operaba un sistema de ferrocarril urbano hasta la mitad del siglo XX. Actualmente, la red del Metro de Los Ángeles cuenta con cinco líneas, 141.3 kilómetros de carril, 80 estaciones y aproximadamente 300.000 pasajeros cotidianos.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 86. Flota del sistema de transporte de Los Ángeles

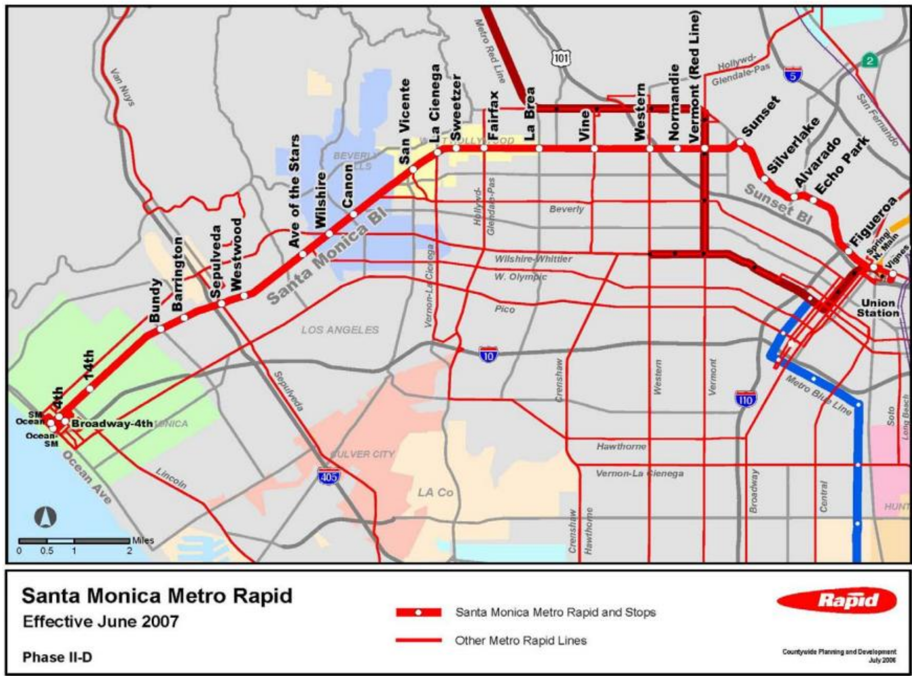


Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES:

Ilustración 87. Mapa de rutas del sistema de transporte de Los Ángeles





Fuente: Consulta google



La LACMTA (Autoridad de Transporte Metropolitano del Condado de los Angeles) posee el mayor número de autobuses que funcionan con CNG (gas natural comprimido) de Estados Unidos: las emisiones de partículas se reducen en un 90%, las de monóxido de carbono en un 80%, y las de gases de efecto invernadero en un 20% respecto a los 500 autobuses que utilizan todavía diésel. La LACMTA gestiona cuatro distintos servicios de autobuses, que se diferencian por su color.

Los autobuses Metro Local son de color naranja y circulan por los ejes principales. En total existen 18.500 paradas y 189 líneas. Los autobuses Metro Rapid son de color rojo oscuro. Siguen la mayoría de las calles más frecuentadas, gracias a un sistema de transpondedor por radio desarrollado por Los Angeles Department of Transportation (LADOT), que le da prioridad sobre el resto del tráfico. Las paradas están más alejadas que en el servicio local por término medio, está separada una de los otros 1,2 kilómetros y la frecuencia de los vehículos se sitúa entre 3 y 10 minutos. Todos estos elementos permiten al viaje ser mucho más rápido.

Este sistema fue implementado en junio de 2000 y será completado en 2008. Según las estadísticas de la LACMTA, los tiempos de trayecto se habrán reducido en un 29%. Las principales críticas hechas a la red son por un lado, que no es suficiente para atender las necesidades crecientes de Los Ángeles en relación al transporte, y que los fondos que le son otorgados deberían ser redistribuidos en el metro; por otra parte, según la Bus Riders Union de la ciudad, la lejanía de las paradas y el hecho de que los Metro Rapid reemplacen a los Metros Locales, obligan a los habitantes a caminar largas distancias para coger el autobús.

Los autobuses Metro Express de momento sólo están implantados en dos líneas, la 450X y la 577X. Estos autobuses, de color azul oscuro, han sido concebidos para seguir la red de autopistas de Los Ángeles y comunicarla lo más rápidamente posible.

La Línea Naranja es un Sistema de Autobús Rápido de 23 km que atraviesa el sur del Valle de San Fernando: de la estación de metro de North Hollywood hasta el Warner Center, en Woodland Hills.

La LACMTA también opera autobuses a través del Harbor Transitway con servicio de bus expreso entre San Pedro y el Centro de Los Ángeles. La agencia Foothill Transit también gestiona un servicio de bus expreso entre West Covina y el Centro de Los Angeles a través de los carriles carpool en la autopista interestatal número 10 (San Bernardino Freeway). Otras agencias que gestionan servicio de autobús en el Condado de Los Ángeles incluyen: Long Beach Transit, Montebello Bus Lines, Norwalk Transit, Redondo Beach, y el Big Blue Bus de Santa Mónica.

La LACMTA, en conjunto con las otras agencias de trasporte del condado, cuenta con aproximadamente 1,5 millones de viajes al día que se realizan a través de autobús, lo cual representa aproximadamente 5,2% de los 29 millones de viajes diarios en el condado.

FLOTA: Es un importante nudo de transporte individual y de transporte intermodal, la cuidad dispone de un complejo sistema de autopistas, extenso y muy utilizado, con redes de





autobús, metro y metro ligero. Sus redes de transporte público de hace 130 años aproximadamente con 220 compañías que han repartido el transporte a caballo, en tranvía, tren autobús, trolebús, de los cuales el autobús y el metro del Condado de los Ángeles es utilizado por cerca de 1.8 millones de viajes al día, sin embargo solo el 11% de los trabajadores de la cuidad utilizan el transporte público para ir a sus trabajos.
Son 118 kms de metro y tren ligero compuesto por 62 estaciones en 4 líneas con una demanda cerca de 260.100 pasajeros al día.

4.2.11. PEKÍN

DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD: Conocida también como Beijín, actualmente la cuidad cuenta con más de 20 millones de habitantes, literalmente "Capital del Norte" capital de la República Popular de China, Pekín es una de las municipalidades de China que posee un estatus provincial y están bajo el control directo del gobierno central, es una de las ciudades más pobladas de china tan solo superada por Shanghái en cuanto a población, es un importante nodo de comunicación pues posee múltiples líneas de ferrocarril, autopistas y carreteras y es reconocida como el corazón cultural político y social de China.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 88. Flota del sistema de transporte de Pekín



Fuente: Consulta google, Youngman-Neoplan bus articulado que opera en Beijing Bus Rapid Transit (BRT) Línea 1.



RUTAS OPERACIONALES:

Ilustración 89. Mapa rutas del sistema de transporte de Pekín



Fuente: Consulta google

FLOTA: El crecimiento de la cuidad a partir de las reformas económicas ha convertido a Pekín en un importante nodo de transportes, la ciudad está rodeada de cinco anillos de circulación, nueve autopistas once carreteras principales diversas líneas de ferrocarril y un aeropuerto internacional.

En cuanto a ferrocarril existen siete estaciones muy importantes entre la Estación Central de Ferrocarriles y la Estación de Ferrocarriles del Oeste complementado con siete líneas de ferrocarril y las líneas internacionales y su último componente tal vez el de mayor tecnología como lo es la línea de alta velocidad Pekín - Tianjin.

Pekín está conectado por carretera o autopista con todo el resto de China, el aumento en el número de automóviles y la disminución del uso de bicicletas debido al crecimiento económico, está generando problemas por congestión especialmente en las horas pico, añadido al poco desarrollo de transporte público.

El metro de Pekín tiene cuatro líneas, dos aéreas y dos subterráneas existen unas mil líneas de autobús y varias de trolebús.





Ilustración 90. Mapa del sistema de transporte de buses de Pekín

Fuente: Consulta google

4.2.12. CIUDADES EN SUR AMÉRICA CON OPERACIÓN DE TROLEBÚS

En Chile, el único sistema de trolebuses que hay es el de Valparaíso es operado por la empresa pública Chile Trolebús S.A y tiene la flota más antigua en funcionamiento del mundo.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN



Ilustración 91. Trolebús de Valparaíso



Fuente: Consulta google

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: Opera desde 1952, siendo actualmente la única red de trolebús en Chile y la segunda más antigua de Sudamérica. Desde sus inicios fue de propiedad estatal, pero a partir de 1982 han sido empresas privadas las encargadas de administrarlos. Desde 2007 el sistema es administrado por Trolebuses de Chile S. A.



En Argentina, la situación es similar, con sistemas de trolebuses y sistemas operativos con una baja inversión pública para la modernización.

En Rosario el sistema de trolebús se inauguró en 1958 se amplió en 1992 cuando se hizo una oferta por la concesión del sistema, el operador privado seria el responsable del sistema por 15 años con una posible extensión de 5 años, en el primer año debería renovar, las subestaciones y las líneas aéreas. En el mismo año la operación comienza con 20 unidades nuevas, pero el contrato deja de ser cumplido y en el año 2002 el sistema vuelve a la operación pública. Hoy el sistema es operado por SEMTUR Sociedad Estatal de Transporte Urbano Municipal de Rosario con la misma flota de 20 vehículos.

El sistema de trolebuses de Mendoza también data de 1958 y es operado por la empresa pública, Empresa Provincial de Mendoza EPTM. En 2008 hubo una renovación del sistema con la compra de 80 trolebuses usados de la cuidad de Vancouver, Canadá, esta flota fue añadida al sistema de 60 vehículos antiguos. En 2010, hicieron otra expansión con la compra de 10 vehículos nuevos.

La ciudad de Córdoba cuenta con una red distribuida en tres líneas de trolebuses que son operados por una empresa de transporte público, Transporte Automotor Municipal Sociedad del Estado TAMSE el sistema fue inaugurado en 1989 y opera con la misma flota de 34 trolebuses hasta hoy modelo articulado y simples.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 92. Trolebuses de Rosario, Mendoza y Córdoba



Fuente: Consulta google

La ciudad de Mérida ubicada al Occidente de Venezuela, enclavada en la Cordillera de los Andes, por razones geográficas y viales entre otras, requería un Sistema Integral de Trasporte Masivo que ayudara a su desarrollo económico, productivo y turístico







ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN

Ilustración 93. Trolebús Mérida



Fuente: Consulta google

RUTAS OPERACIONALES: El sistema de transporte masivo de Mérida es conformado por una línea de trolebús articulado, de unos 15 km de longitud, con estaciones y canales exclusivos; y una línea de teleférico urbano, denominado Trolcable. El sistema es gestionado por Tromerca, una dependencia del Ministerio de Transporte nacional y fue formalmente inaugurado el día 18 de junio de 2007, coincidiendo con la celebración en la ciudad de la copa América.

Luego de años de estudio, se propuso la construcción de un sistema de transporte masivo no contaminante para la ciudad, escogiéndose al Trolebús como medio más adecuado. La construcción del Trolebús de Mérida comenzó a finales de los años 90 siendo inaugurado en periodo de prueba para el año 2005, así como las fases 1 hasta Pie del Llano y 2 hasta el Mercado Periférico para los años 2007 y 2012 respectivamente.

El proyecto inicial comprendía la construcción de dos líneas de trolebús, comunicando las ciudades de Mérida y Ejido, dentro del área metropolitana homónima, siendo para su momento el primer sistema de transporte masivo para una ciudad de menos de 500.000 habitantes dentro de la región latinoamericana. Sin embargo, el proyecto fue rediseñado y actualmente la línea uno del sistema, finalizada hasta su segunda fase, conecta a Ejido con las cercanías del centro de Mérida, a partir de donde, las líneas 2, 4, 5 y 6 constituidas por buses enlazarán el resto de la ciudad y una tercera línea, en base a un teleférico urbano o Metrocable, enlazará el mismo centro con los sectores de San Jacinto y Carabobo en la parroquia Jacinto Plaza.

Por su parte, la línea 3 Trolcable consiste en un medio de movilización a través de cabinas colgantes en forma de teleférico que permitirá enlazar las poblaciones que conforman el denominado eje o valle del chama en donde se ubica la **Estación San Jacinto** con el centro de la Ciudad de Mérida en la **Estación Los Conquistadores** en la urbanización Paseo La Feria, en recorrido de 5 minutos con un desnivel de aproximadamente 400m. Forma parte del proyecto trolmérida y aspira que sea inaugurado a mediados del 2013.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: La ciudad cuenta con un vasto sistema de rutas urbanas e interurbanas de autobuses que la conectan con su área metropolitana recorriendo las distintas avenidas de la ciudad y cubriendo un gran porcentaje del área de la misma. Mérida dispone de uno de los mejores servicios de transporte público dentro del territorio nacional; sin embargo, el mismo se ha visto abrumado por la creciente demanda, y podría





estar entrando en colapso. De las rutas existentes, sobresale la ruta que va desde el centro de la ciudad de Ejido hasta el centro de la ciudad de Mérida, con un volumen de miles de pasajeros diarios.

RUTAS OPERACIONALES: Las rutas son atendidas por líneas privadas constituidas en el mayor de los casos por cooperativas o asociación de conductores siguiendo el modelo privado de la mayoría de las ciudades de Venezuela. Sin embargo, el precio que las mismas cobran al pasajero es regulado por la alcaldía y supervisado por el Organismo de Transporte Metropolitano de la misma y el Ministerio de Infraestructura del país. Siguiendo el modelo nacional, el transporte por su carácter público, ofrece tarifas especiales a la tercera edad y acepta el pago con el Pasaje estudiantil poseyendo uno de los costos en transporte más bajos del país.

La ciudad de Quito denominada San Francisco de Quito, es la ciudad capital de Ecuador y también de la provincia de Pichincha, es la segunda ciudad más poblada del Ecuador. Además es cabecera cantonal o distrital del Distrito Metropolitano de Quito. Actualmente también es considerada la capital económica del país.

ÓRGANO GESTOR Y OPERADORES: El Trolebús de Quito es un sistema de transporte de la ciudad de Quito, Ecuador. Es parte del sistema Metrobus-Q. Está inspirado por el sistema de autobuses BRT de Curitiba. Su construcción se inició en 1994, y fue inaugurado por el alcalde Jamil Mahuad (posteriormente presidente) el 17 de diciembre de 1995.

RUTAS OPERACIONALES: Su recorrido va desde la Estación Norte en la Avenida 10 de Agosto hasta la Estación Sur en la Avenida Pedro Vicente Maldonado. Su recorrido se integra con los de los buses urbanos.

El Trolebús, o línea verde forma parte de un sistema integrado de transporte de buses BRT, junto a la Ecovía línea roja, al Corredor Central Norte o Metrobús línea azul, y al Corredor Sur Oriental-línea marrón-; todos son similares al Trolebús con la diferencia, aparte del recorrido, que los buses no ocupan motores eléctricos sino que ocupan motores diésel convencionales. Además los autobuses de la Ecovía y el Corredor Sur Oriental tienen las puertas de acceso y salida de pasajeros al lado izquierdo de la carrocería, mientras el Trolebús y el Metrobús las tienen al lado derecho. Con estos medios de transporte masivo, se cubre la gran demanda de movilización para los habitantes de la ciudad.

ILUSTRACIÓN DE LA OPERACIÓN


Ilustración 94. Trolebús Quito



Fuente: Consulta google



FLOTA: El sistema cuenta con 113 unidades articuladas. Su peso neto es de 17,8 toneladas, con 17,8 m de longitud, 3,2 m de altura, 2,5 metros de ancho. La capacidad de carga es de 10 toneladas. El equipamiento eléctrico electrónico ha sido implementado por AEG - ADtranz, y la electrónica de control computarizada además de la electrónica de potencia por la firma KIEPE de Alemania, especialista en materia de control de sistemas de potencia. El chasis y el motor auxiliar a diesel fueron elaborados por la empresa alemana Mercedes-Benz. La carrocería ha sido construida por Hispano Carrocería, ahora llamada Tata Hispano.

4.3. OBSERVACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE CIUDADES

La movilidad y en particular los medios que la faciliten, son cruciales cuando se presentan fenómenos de concentración demográfica, es por ello que las ciudades contemporáneas y en especial las metrópolis requieren de medios de transporte y de una infraestructura pública que ofrezcan opciones y calidad para los desplazamientos de sus habitantes.

Los medios y la infraestructura se conforman como articuladores de las diversas actividades y sectores de la cuidad, así lo evidencia un estudio del Instituto IDEA[6] – Universidad Nacional de Colombia, en el que se afirma *“El transporte y las Alternativas de movilización urbana, generan impactos directos sobre el territorio, el paisaje, y el ambiente y se han relacionado como factor asociado a la calidad ambiental de las ciudades y por consiguiente a la calidad de vida de los ciudadanos”*

En este sentido se pueden establecer visiones estratégicas de vida urbana en el futuro relacionando el transporte de pasajeros en dos aspectos:

- Desarrollo urbano sostenible
- Preservación de la calidad de vida

La movilidad es el elemento crucial para la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, los sistemas inteligentes en el transporte urbano garantizan el derecho fundamental de la movilidad y reducen los impactos negativos, como la contaminación, el ruido o la perdida de espacio urbano.

La calidad de vida de las ciudades deben incorporar las preocupaciones sobre el transporte y todos los ciudadanos deben beneficiarse sobre la igualdad de las condiciones de la movilidad, teniendo en cuenta los costos proyectados lo que garantiza el máximo nivel de calidad de servicio y una contaminación ambiental mínima.

[6] http://www.redalyc.org/pdf/876/87602010,http://www.idea.unal.edu.co/proyectos/histamb2/hisamb2.html. Montevideo, 2003. (Consulta: 14 marzo, 2007).







Objetivos que se pueden lograr mediante la creación de sistemas de transporte urbano equilibrados a través de un enfoque sistemático para la gestión de los recursos de la cuidad, el desarrollo de un sistema de transporte público integrado de planificación y mecanismos fiscales para la financiación y la aplicación de nuevas tecnologías.

Es notable la evolución tanto en sistemas como en tecnologías para el transporte de pasajeros a nivel mundial, desde la capacidad de transportación como los avances tecnológicos en aras de disminuir las emisiones de gases contaminantes que en parte ayuden a solucionar la problemática del calentamiento global.

En las ciudades de alta población se han implementado sistemas eficientes rápidos y seguros y en parte económicos que le han permitido a la población realizar desplazamientos en menores tiempos ya que muchos de los sistemas utilizan carriles exclusivos o con pasos en intersecciones elevados o subterráneos.

En cuanto a los modos de transporte la combinación de tecnologías, redes y subsistemas han permitido tener ciudades más dinámicas y amigables con el medio ambiente

Los sistemas de trolebuses eléctricos como tecnología evoluciono por ventajas como la disminución en los índices de contaminación ambiental aunque es importante tener una fuente de energía económica y con suficientes reservas que permitan tener operaciones eficientes y seguras, otra variable es la posibilidad de su capacidad transportadora y la velocidad de desplazamiento.

El trolebús como alternativa que satisface los objetivos de cuidad sostenible puede ser implementado en un lapso de tiempo corto y con inversiones moderadamente más bajas comparados con otros sistemas como el tren ligero.

Los trolebuses alrededor del mundo superan los 40.000 vehículos, estos son operados en 364 ciudades de 47 países como Rusia, Canadá, Brasil, Ecuador, México, Nueva Zelanda, China, Grecia, su historia data de 1882, los sistemas han sido mejorados y modernizados. Los altos precios del combustible, daño medio ambiental, problemas financieros en el sector público son factores que favorecen el sistema de trolebús moderno.

Otras ciudades de América Latina tienen sistemas de trolebuses, pero estos sistemas no funcionan como sistemas de alta capacidad, la operación se realiza sin carril exclusivo, lo que deteriora la capacidad del sistema, por lo general son los sistemas más antiguos, que no han recibido importantes inversiones para renovar con el tiempo, pero siguen desempeñando un papel importante teniendo en cuenta los aspectos ambientales de las emisiones contaminantes, en comparación con el cambio de estos vehículos por el autobús diésel.

Los sistemas de transporte con tecnología diésel son los más utilizados en el mundo a pesar la afectación al medio ambiente de gases contaminantes, aunque en el presente y futuro inmediato los motores diésel evolucionaron con los aportes de la ingeniería electrónica y el





mejoramiento en los sistemas de combustión y tratamiento de los gases emitidos, disminuyendo ostensiblemente el aporte de material particulado, de igual forma se han combinado sistemas híbridos que utilizan motores diésel de menor cilindrada combinados con generadores eléctricos llevando a la tracción energía eléctrica, permitiendo avances significativos en cuanto al ahorro de combustibles como a la disminución de contaminantes al medio ambiente.

Todos estos avances significativos aportan a las ciudades y sus habitantes sistemas de transporte cada vez más eficientes rápidos y seguros mejorando la calidad de vida.

4.4. VISITAS TÉCNICAS DEL ENTE GESTOR A OTRAS CIUDADES

El ente gestor como responsable de la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público-SITP y atendiendo la política nacional y mundial en el uso eficiente y racional de la energía en cuanto a la sostenibilidad del transporte masivo de pasajeros, propuesto en las metas de calidad del aire ha venido realizando visitas de carácter técnico a diferentes sistemas de transporte de diferentes ciudades del mundo, para obtener conocimiento que le permita implementar en la ciudad de Bogotá nuevas tecnologías de bajas emisiones en el transporte de pasajeros en el marco y desarrollo de las metas del PROURE (PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA Y FUENTES NO CONVENCIONALES) y que se enmarcan dentro del Plan de Desarrollo de la Ciudad adoptadas en el Decreto 477 de 2.013 que adopta el Plan de Ascenso Tecnológico-PAT, el cual busca la sustitución progresiva de tecnologías convencionales de combustión diesel a nuevas tecnologías de bajas emisiones en el Sistema Integrado de Transporte Público SITP.

4.4.1. CIUDADES DE SAO PAULO Y CURITIBA[7]

Esta visita fue realizada entre el 19 y 22 de septiembre de 2.011 como parte de las actividades de intercambio técnico promovidas por la UITP (Unión Internacional de Transporte Público), en la que Funcionarios delegados de TRANSMILENIO S.A. fueron invitados a estas ciudades con la finalidad de conocer diferentes tipologías de vehículos usadas en estas ciudades para transporte público y observar algunas tecnologías desarrolladas a esa fecha que pudieran ser implementadas en el Sistema Integrado de transporte Público-SITP.

[7] Informe de Actividades visita Sao Paulo y Curitiba-Brasil, septiembre de 2.011, TRANSMILENIO S.A.



4.4.2. CIUDAD DE MÉXICO[8]

Esta visita fue realizada los días 7 y 8 de diciembre de 2.011 como parte de actividades de intercambio técnico promovida por la Secretaria de Transporte del estado de México y personal técnico multidisciplinario de TRANSMILENIO S.A, con el ánimo de compartir el desarrollo de mejores prácticas y dar a conocer los programas de mejora de transporte que a esa fecha se desarrollaban en esa ciudad.

4.4.3. CIUDAD RIO DE JANEIRO[9]

Esta visita fue realizada los días 3 y 5 de octubre de 2.012 como parte de actividades de intercambio técnico promovida por la UITP (Unión Internacional de Transporte Público), en la que el Funcionario delegado de TRANSMILENIO S.A, asiste a la décima (10) asamblea de UITP de América Latina con el ánimo de conocer la importancia en la aplicación de nuevas estructuras en la calidad de transporte público en el mundo, ingresos no tarifarios en el contexto de América Latina, marketing, transporte y turismo.

4.4.4. CIUDADES DE MÉXICO, LONDRES, GOTEMBURGO, ESTOCOLMO, SHANGHÁI Y SHENZHEN[10]

Esta visita fue realizada por comisión de veinte (20) días en el mes de noviembre de 2.012 mediante resolución de aprobación número 073 de noviembre de 2.012, con el objetivo de revisar el estado del arte de la operación de buses con tecnologías de bajo carbono en diferentes ciudades del mundo en la que los funcionarios delegados de TRANSMILENIO S.A conocieron los diferentes sistemas de transporte de estas ciudades, observaron algunas de las tecnologías de bajas emisiones usadas en los sistemas de transporte masivo y sostuvieron encuentros de capacitación de las tecnologías ofrecidas por los proveedores de nuevas tecnologías bajas en emisiones y visitaron algunas plantas de producción de algunos proveedores de estas tecnologías.

4.4.5. CIUDAD DE SAO PAULO BRASIL [11]

Dentro del Plan de Ascenso Tecnológico, establecido por el Gobierno Distrital en el marco del Plan de Desarrollo Bogotá Humana 2.012-2.016, y como parte de los estudios previos

[8] Informe de Actividades visita Sao Paulo y Curitiba-Brasil, septiembre de 2.011, TRANSMILENIO S.A.
[9] Ficha de legalización del evento, octubre de 2.012, TRANSMILENIO S.A.
[10] Informe de Actividades visita de ciudades del mundo, diciembre de 2.012, TRANSMILENIO S.A.
[11] Informe de visita ciudad de Sao Paulo-Brasil, septiembre de 2.013, TRANSMILENIO S.A.







que se vienen adelantando en la estructuración de una posible APP de origen público para la incorporación de las nuevas tecnologías en el componente troncal, es de importancia para TRANSMILENIO S.A., conocer el funcionamiento y operación de transportes masivos en otras ciudades y en especial las que utilicen para la operación tecnologías de cero o bajas emisiones.

Con la visita de algunos funcionarios delegados de TRANSMILENIO S.A. a los diferentes sistemas de transporte masivo de la ciudad de Sao Paulo; que operan con combustibles de bajas emisiones de gases contaminantes y material particulado. Estos adquirieron el conocimiento necesario que permita generar elementos para la evaluación de tecnologías aplicadas a los sistemas de transporte masivo y que permitan el aporte de criterios y conocimiento técnico para el desarrollo de los proyectos que a futuro se implementan en TRANSMILENIO S.A. y que conlleven a mejorar la movilidad y reducir las emisiones de contaminantes y material particulado de los vehículos que integran el Sistema de Transporte Masivo de Bogotá SITP.

Para cumplir con este fin los funcionarios delegados de TRANSMILENIO S.A. realizaron una vista a la ciudad de Sao Paulo Brasil por invitación de la UITP (Unión Internacional de Transporte Público) los días 16, 17, 18 y 19 de septiembre de 2.013.

Con la visita a la ciudad de Sao Paulo Brasil se realizaron reuniones de carácter técnico con el operador Ambiental donde se observaron en operación trolebuses de 15 mts; Se realizó visita a las oficinas de UITP, donde se trataron temas sobre nuevas tecnologías; se visitó el operador Metra donde se observan los procesos de funcionamiento del operador; se realizó visita al ente gestor de la operación de transporte masivo de la ciudad de Sao Paulo Sp Trans; se visitó la empresa Scania donde se observa el prototipo de bus biarticulado.

5. PROVEEDORES Y TECNOLOGÍAS

Se contó con la participación de más de 20 proveedores de buses de todo el mundo; de los cuales se plasma a continuación la información suministrada por los mismos en diferentes documentos (fichas técnicas) en medio físico o magnético.

5.1. DESCRIPCIÓN DE PROVEEDORES

A continuación se realiza una descripción de los proveedores que suministraron información técnica:

- **BYD:** Establecida en 1995, BYD Compañía Limitada (BYD) es una empresa de alta tecnología inscrita en la Bolsa de Valores de Hong Kong y es la primera empresa especializada en tecnologías de Información, automóviles y nuevas fuentes de energía en China. BYD ocupa el primer lugar en el mercado de las baterías de níquel y litio para dispositivos móviles, cargadores y teclados para celulares a nivel mundial.







Es el proveedor más grande de baterías recargables y el segundo en carcasas para celulares.

BYD Auto se ha convertido en la marca nacional independiente más innovadora con una tasa de crecimiento superior al 100% en los últimos 5 años consecutivos y encabeza el sector de los vehículos eléctricos con tecnologías únicas.

En el campo de nuevas fuentes de energía, BYD ha desarrollado productos “verdes” tales como vehículos eléctricos, estaciones de almacenamiento de energía y plantas de energía solar. Continuará liderando la revolución de nuevas fuentes de energía en el mundo.

- **VOLVO:** Líder mundial en fabricación de autobuses con presencia en siete países en latino América como Perú, Chile, Argentina, Venezuela, Brasil y Colombia, además de una planta en México en donde Volvo Autobuses ha tenido gran impacto en el mercado Nacional, hecho que lo coloca como el número uno dentro del ramo de autobuses foráneos y el único que produce autobuses de entrada baja en territorio nacional.

- **TATSA:** Innovación, experiencia, calidad y tecnología, en la producción de vehículos para el autotransporte público de pasajeros. Con presencia en países de la región en Sudamérica, Centroamérica, Caribe y África, puntualmente en los siguientes países: Mozambique, Angola, República Dominicana, Cuba, Venezuela, Perú, Colombia, Ecuador, Uruguay, Paraguay, Chile, Costa Rica, Trinidad Tobago y Bahamas. Planta industrial Argentina, Uruguay, Estados Unidos, Acuerdos comerciales con China, India y España, Venta de buses Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana.

- **ELETRA:** Es una empresa brasileña desarrollada de tecnología de tracción eléctrica para transporte urbano en las versiones de Trolebús (red aérea) Híbridos (grupo motor generador + baterías y Eléctrico Puro, siempre centrado en la solución para el transporte urbano de carga y pasajero, el equipo de técnico de Electra actúa hace 20 años en proyectos y en la fabricación de vehículos con tracción eléctrica estando apta para, además de ofrecer productos de alto valor agregado desarrollar soluciones optimizadas de transporte eléctrico conforme sea la necesidad del cliente.

- **CASTROSUA:** A lo largo de su historia ha sido pionera en el desarrollo y adaptación de nuevas soluciones, como revestimiento inox, revestimiento estándar galvanizado tratamiento anticorrosivo por inyección de fluidos al interior de los perfiles, en 1993 fabrica 300 unidades de vehículos a gas para el mercado español, en el año de 2003 fabrica el vehículo Fuel Cell (1 Ud de Hidrogeno) y obtiene el Premio de Ingeniería Nacional.

  Ha desarrollado procesos que mejoran la seguridad estructural de la carrocería con pruebas y ensayos estáticos: vehículo vacío, vehículo cargado, torsiones, ensayos dinámicos: pruebas carretera, acelerómetros, acelerómetros ruedas, presión circuitos frenos.







- **ALEXANDER DENNIS:** Es el principal fabricante de autobuses del Reino Unido emplea a unas 2000 personas en sus instalaciones en el Reino Unido, Asia Continental y Norteamérica, el crecimiento más rápido de autobuses y carrocero en Europa Occidental abarca tres marcas famosas y exitosas Alexander, Dennis y Plaxton, produce una amplia gama de autobuses eficientes innovadores y de bajo consumo de combustible, de piso bajo y doble cubierta, le ofrece al operador beneficios reales a los pasajeros y el medio ambiente y atención al cliente de clase mundial. La gama Enviro autobuses híbridos se encuentra ahora en plena producción con una reducción muy importante de emisión de CO_2.

- **YOUNGMAN:** del grupo de automóviles de China, la compañía es un grupo industrial global de automóviles, produce automóviles, autobuses y camiones pesados ha realizado convenios con NEOPLAN empresa alemana líder en productos de automóvil de pasajeros productos que cubren los campos de largo recorrido turístico, coches de pasajeros, autobuses y coches especiales de pasajeros, desde 2001 ha mantenido liderazgo en la industria del autobús de pasajeros de superior grado y obtuvo gran éxito en la competición mundial, vendió más de 1000 vehículos públicos para los juegos Olímpicos de Beijing, exporta a países como EE.UU, Europa, Rusia, Corea del Sur, Singapur y Medio Oriente. La compañía utiliza la electrónica renovable para sustituir al petróleo y realizar cero contaminación.

- **AGRALE:** Es una empresa que ofrece al mercado productos con tecnología en la medida justa, produce vehículos, tractores y motores diésel, ofrece productos y soluciones agiles, creativas y competitivas en el área automotriz especialmente en vehículos comerciales, de defensa y agrícolas.

- **BKM:** Es un fabricante de vehículos bielorruso de transporte publico eléctrico, la empresa se basa en la producción de tranvía y trolebús, hoy en día la empresa industrial es líder en Bielorrusia en el campo de la fabricación y grandes reparaciones de material rodante para el transporte eléctrico en las ciudades, los trolebuses fabricados son operados en siete ciudades de Bielorrusia y en más de cuarenta ciudades de Rusia, Ucrania, Kazajstán, Letonia, Mongolia entre otras.

- **CAETANOBUS:** Produce carrocerías montadas sobre chasis de diferentes marcas con diferentes especificaciones para el servicio de turismo, el transporte y el servicio en ciudades, durante más de medio siglo de actividad en procesos de innovación en la construcción de carrocerías para autobuses, en 1997 puso en marcha el “programa verde” en el ámbito de política ambiental.

- **WRIGHT BUS:** El grupo de Wright es uno de los principales proveedores de vehículos de transporte público accesibles de Europa. Fundado en 1946 y pionero de buses de plataforma baja de Reino Unido, ha ganado reputación por producir vehículos elegantes, durables y de alta calidad con características innovadoras. En los últimos años ha centrado sus negocios en mercados extranjeros con contratos en Gran Bretaña, República de Irlanda, EE.UU, Hong Kong y Singapur estableciéndose





como un líder mundial, trabajando con colaboración con una serie de fabricantes de chasis líderes en el mundo como Volvo, VDl entre otros.

- **SCANIA:** Es una empresa global con una organización de ventas y servicio en más de 100 países, además ofrece servicios financieros, las unidades de producción se encuentran en Europa y América Latina, el objetivo es ofrecer la mejor rentabilidad para sus clientes en todo el ciclo de vida del producto. Los autobuses de Scania son reconocidos por su excepcional economía en la operación, cada componente está diseñado para aumentar el rendimiento del vehículo y establecer estándares de clase mundial para la economía de combustible, facilidad de conducción, comportamiento en carretera, confiabilidad y tiempo de actividad.

5.2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS OFRECIDAS POR LOS PROVEEDORES

Los sistemas de transporte masivo en Colombia han operado en su gran mayoría con motores diésel y gracias a los avances tecnológicos y las bondades de combustibles mejorados se han puesto al mercado nuevas tecnologías que disminuyen los costos de operación y son menos contaminantes al medio ambiente reduciendo los gases de efecto invernadero y el material particulado expulsado a la atmosfera.

Los fabricantes de vehículos han incorporado avances significativos en los motores diésel mejorando la combustión y permitiendo aprovechar cada vez más el potencial energético llegando a la fabricación de motores bajo norma Euro V.

Combinaciones de motores diésel con sistemas eléctricos llegando a la fabricación de tecnologías Hibridas en aras de disminuir el consumo de combustibles fósiles y aprovechando el potencial energético eléctrico, algunos fabricantes han desarrollado tecnologías en motores dedicados a gas GNV permitiendo una reducción importante en la emisión de material particulado al medio ambiente.

La tecnología eléctrica probada en sistemas de trolebuses ha evolucionado llegando al mercado con motores más eficientes y sistemas de mejor operación y por último el gran avance en sistemas eléctricos de baterías, tecnologías que se encuentran en etapa de prueba en algunos casos y en operación con algunas unidades alrededor del mundo.

Según lo expuesto anteriormente y dadas las condiciones de operación del Sistema Integrado de Transporte Público-SITP, se hace necesario ordenar las tecnologías de acuerdo a criterios aplicables frente a las necesidades del Sistema.

Para lo cual se establecen las prioridades de acuerdo a la tecnología disponible, en el análisis realizado se evidencio, que cada tecnología presenta ventajas y desventajas frente a la operación de un sistema de transporte. Por lo tanto, es necesario identificar para TRANSMILENIO S.A., el o los parámetros principales a tomar como directrices para la escogencia de una nueva tecnología, según como se indica en la siguiente escala de clasificación:



Tabla 38. Clasificación tecnologías

ORDEN	GRADO CONTAMINACIÓN	GRADO IMPLEMENTACIÓN	AUTONOMIA OPERACIÓN	FLEXIBILIDAD OPERACIÓN	COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
1	Eléctrico catenaria	Diesel Euro V o equivalentes	Eléctrico catenaria	Diesel Euro V o equivalentes	Eléctrico catenaria
2	Eléctrico batería	Eléctrico catenaria	Diesel Euro V o equivalentes	Híbrido	Eléctrico batería
3	GNV	Híbrido	Híbrido	GNV	Híbrido
4	Híbrido	GNV	GNV	Eléctrico batería	Diesel Euro V o equivalentes
5	Diesel Euro V o equivalentes	Eléctrico batería	Eléctrico batería	Eléctrico catenaria	GNV

Fuente: Elaboración propia

A continuación se hace la descripción de cada tecnología según la información suministrada por los diferentes proveedores.

5.2.1. DIÉSEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

A continuación los proveedores que presentaron propuesta en esta tecnología:

5.2.1.1. SCANIA

Presenta propuesta sobre un bus para capacidad de 80 pasajeros equipado con un motor Diésel Euro VI con potencia máxima de 280 HP y torque de 1350 Nm, caja de velocidades automática capacidad 7100 Kg eje delantero 12000 Kg eje trasero, ancho de vehículo de 2475 mm longitud de 11000 a 13200mm.

5.2.2. HÍBRIDO DIESEL – ELÉCTRICO

En cuanto a esta tecnología los proveedores presentan:

5.2.2.1. VOLVO

HÍBRIDO 7700

Bus con capacidad de 95 pasajeros con un motor diesel con potencia de 215 HP, turbo alimentado y un motor eléctrico de 160 HP, torque de 800 Nm con reducción catalítica, caja de velocidades automática, suspensión neumática, tres puertas de servicio dobles, puerta intermedia accesible por medio de una rampa manual, ruteros electrónicos de destino, la capacidad de peso 7100 Kg eje delantero 12000 Kg eje trasero, radio de giro de 53º, sistema de frenos de disco ABS electrónico, sistema multiplex de segunda





generación, diagnóstico de fallas chasis, motor, frenos, luces y suspensión, altura del vehículo de 3.2 mts, ancho del vehículo 2.5 mts y longitud del vehículo de 12 mts.

HÍBRIDO B215RH

Bus híbrido paralelo motor diesel D5F 4.7 litros electrónico, 4 cilindros Euro V, 161 Kw 800Nm y motor generador eléctrico I-SAM imán permanente 120Kw convertidor de energía AC/DC 600V/24V, caja de cambios automática inteligente de 12 marchas adelante y 4 marchas atrás, suspensión neumática con arrodillamiento, tanques de combustible con capacidad de 40 litros, capacidad de peso de 7500 Kg eje delantero 12000 Kg eje trasero, longitud 11837 mm, voladizo delantero 2400 mm, voladizo trasero 3137 mm, frenos de disco ABS, sistema eléctrico accesorios 2 baterías de 24 V, batería de Ion litio de 600 V.

5.2.2.2. TATSA

BUS PUMA D12 URBANO

Bus con motor diesel generador sistema híbrido paralelo EATON trasero Cummis de 6 cilindros de 220 HP 700 Nm, caja de velocidades automática de 6 marchas, suspensión neumática, capacidad de peso de 7500 Kg eje delantero 13000 Kg eje trasero, ancho vehículo 2.5 mts largo 12 mts, radio de giro 9.85 mts, frenos neumáticos

5.2.2.3. ELECTRA

Bus con motor diesel 160 HP eléctrico 180/360 Kw generador de 100 Kw longitud del vehículo 15 mts.

5.2.2.4. CASTROSUA

BUS TEMPUS BOGOTÁ

Bus diésel 210 Kw Cummis turbo alimentado Euro V generador 180 Kw torque 950 Nm, sin caja de velocidades acoplamiento directo, aceleración 0.6 mts/segundo, 2 motores eléctricos de 170 Kw par máximo de 4220 Nm,13% velocidad a plena carga de 30 Km/h máximo 30% con velocidad y tiempo limitado a plena carga, suspensión neumática, autonomía de 350 Km, capacidad de peso de 7500 Kg eje delantero 13000 Kg eje trasero, ancho vehículo 2.5 mts largo 12 mts, radio de giro 9.85 mts, frenos neumáticos.

5.2.2.5. ALEXANDER DENNIS

Bus diésel Cummis Euro V 138 Kw, generador eléctrico 140 Kw motor eléctrico 175 Kw, suspensión neumática, frenos Wabco ABS.

5.2.2.6. YOUNGMAN

Modelo manufacturado motor Cummis 225 HP Euro IV 6.7 Litros 165 Kw/2500 rpm 850 Nm/1500 rpm OBD, suspensión neumática, peso bruto de 17500 Kg, ancho del vehículo



2.55 mts altura 3.16 mts longitud 12 mts altura del suelo delantero 385 mm trasero 480 mm, radio de giro 12 mts, freno neumático disco ABS accesible manual.

5.2.2.7. AGRALE

MT 17

Bus motor Cummis 3900 cc^3, potencia 139 Kw, torque 600 Nm generador sincrónico trifásico 650 V potencia 135 Kw motor de tracción potencia 85 Kw*2 torque 200 Nm*2, suspensión neumática, capacidad de peso 6000 Kg eje delantero 11000 eje trasero, radio de giro 9.2 mts, frenos neumático disco primer eje tambor segundo eje ABS.

5.2.2.8. BMK

HIBRIDO A420

Bus diésel Cummis Euro V 184 Kw generador de 180 Kw y motor eléctrico de 120 Kw, capacidad de peso 12200 Kg eje delantero 18000 Kg, ancho del vehículo 2.1 mts altura 3.24 mts longitud 12 mts.

5.2.3. ELÉCTRICO BATERÍAS

En cuanto a esta tecnología los proveedores presentan:

5.2.3.1. BYD

E-BUS ANDINO 12

Bus motor sincrónico de imán permanente potencia 240 HP 90 Kw*2, torque 350 Nm*2 equipo de carga 30Kw/h*2 380 V 60 Hz tiempo de carga 4-5 horas, suspensión neumática sistema ECAS, velocidad máxima 70 Km/h autonomía mayor a 250 Kms, batería Fe capacidad 200 Ah*3, capacidad de peso 7100 Kg eje delantero 12000 Kg eje trasero, ancho del vehículo 2.5 mts, altura 3.4 mts longitud 12 mts, radio de giro 12 mts, freno neumático disco ABS, 2 espacios para zona de discapacitados.

5.2.3.2. CAETANOBUS

Motor eléctrico de 150 Kw torque de 650 Nm, ancho vehículo 2.6 mts, altura 3.3 mts longitud 12.3 mts, baterías para motor eléctrico paquete de 7 baterías 400 V 150 kw/h

5.2.4. TROLEBÚS

En cuanto a esta tecnología los proveedores presentan:





5.2.4.1. SCANIA

Suspensión neumática, capacidad de peso 7100 Kg eje delantero 17500 Kg eje trasero, ancho del vehículo 2.5 mts longitud 15 mts, radio de giro 52º 15 mts.

5.2.4.2. ELETRA

Motor de tracción eléctrico 120-240 Kw, longitud vehículo 12 mts

5.2.5. GAS MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

En cuanto a esta tecnología los proveedores presentan:

5.2.5.1. SCANIA

Motor a gas con funcionamiento GNV biogás potencia 280 HP torque 1350 Nm, caja de velocidades automática, suspensión neumática, capacidad de peso 7100 Kg eje delantero 12000 Kg eje trasero

5.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS

En el siguiente cuadro se hace mención de las ventajas y desventajas de las tecnologías de cero o bajas emisiones que son ofrecidas en la actualidad por los distintos proveedores.

5.3.1. AUTOBUSES HÍBRIDOS

Tabla 39. Ventajas y desventajas tecnología híbrida

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
HÍBRIDOS	• Reducción de emisiones contaminantes de CO_2 un 35% (26% en promedio), comparado con un bus diesel. • Al largo plazo los buses híbridos pueden ser más convenientes por ahorros en energía, costos de mantenimiento y mayor durabilidad. • Recuperación de energía en el frenado, convierte la energía cinética en eléctrica para recargar las baterías. • Son una buena opción para líneas troncales BRT, cuando aparezcan modelos articulados y biarticulados.	• El costo de compra es superior entre un 50-60% más que uno diesel. • Capacidad de transporte de pasajeros del 10% al 20% menor que un bus diesel. • Sistema de modelo de negocio en el cual el motor y la batería se costean como componentes • independientes y se pagan a través de contratos de leasing. • Barrera en certificación por peso no permitido en la regulación vigente. • Escepticismo de los operadores, quienes no están convencidos de los ahorros a futuro de la tecnología. • Apoyo del gobierno para hacer que la inversión en estas tecnologías sea atractiva.

Fuente: CLINTON CLIMATE INIATIVE "low carbon technologies can transform Latin America´s bus fleets, 25 de abril de 2.013"

5.3.2. AUTOBUSES ELÉCTRICOS

Tabla 40. Ventajas y desventajas tecnología eléctrica

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ELÉCTRICOS	• Los buses eléctricos no tienen emisiones y ofrecen una reducción de 77% en consumo energético. • Al largo plazo los buses eléctricos pueden ser más convenientes por ahorros en energía, costos de mantenimiento y mayor durabilidad. • Recuperación de energía en el frenado, convierte la energía cinética en eléctrica para recargar las baterías. • Costo de mantenimiento es 25% más bajo que un diesel. • Los motores eléctricos requieren cambios de lubricantes menos frecuente y la vida útil de los frenos es más larga (entre 25.000 a 100.000 Kms). • Son una buena opción para líneas troncales BRT, cuando hallan modelos articulados y biarticulados.	• El costo de compra es superior entre un 125-150% más que uno diesel. • Capacidad de transporte de pasajeros del 40% al 50% menor que un bus diesel. • Mayor desafío para implementar la tecnología por el desempeño de la batería y vida útil de la misma (3.000 ciclos de carga). • Alto costo de las baterías (corresponden al 50% del valor del bus). • Sistema de modelo de negocio en el cual el motor y la batería se costean como componentes independientes y se pagan a través de contratos de leasing. • Barrera en certificación por peso no permitido en la regulación vigente. • Hay muy pocas flotas de vehículos en operación a nivel mundial. • Escepticismo de los operadores, quienes no están convencidos de los ahorros a futuro de la tecnología. • Apoyo del gobierno para hacer que la inversión en estas tecnologías sea atractiva.

Fuente: CLINTON CLIMATE INIATIVE “low carbon technologies can transform Latin America´s bus fleets, 25 de abril de 2.013”

5.3.3. AUTOBUSES GNV (GAS NATURAL VEHICULAR)

Tabla 41. Ventajas y desventajas tecnología a gas natural vehicular

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
GNV	• Menor contaminación ambiental en gases y material particulado • Bajo costo combustible, el gas vehicular es de bajo costo • Bajo costo de operación	• Baja potencia, el gas es de menor potencial energéticamente. • Tecnología en prueba en diferentes ciudades • Disminución de espacio útil por la instalación de tanques de reserva y aumento de peso

Fuente: Consulta internet.



5.3.4. AUTOBUSES DIESEL

Tabla 42. Ventajas y desventajas tecnología diesel

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DIESEL	• Tecnología ampliamente probada a nivel mundial por los diferentes sistemas de transporte • Bajo costo de operación • Avances tecnológicos Normas Euro, gracias a la electrónica se han incorporado sistemas de inyección electrónica • Gran capacidad de potencia, mayor capacidad de ascenso y flexibilidad en la operación	• Alta contaminación ambiental, gases, material particulado y ruido • Alto costo en mantenimiento en motores por la utilización de materias primas derivadas del petróleo • Alto consumo de energía fósil

Fuente: Consulta internet.

5.4. COMPARACIÓN TECNOLOGÍAS OFRECIDAS

En este capítulo se realiza un análisis con respecto a la información técnica suministrada por los diferentes proveedores frente al Manual de Operaciones del Ente Gestor, con lo que se pretende dar una recomendación sobre tecnologías que puedan en el futuro ser implementadas el Sistema Integrado de Transporte Público SITP.

5.4.1. TECNOLOGÍA BUSES HÍBRIDOS

Los proveedores Volvo, Tatsa, Eletra, Castrosua, Alexander Dennis, Yougman, Agrale, BKM; ofrecen tecnología hibrida con capacidad de 80 pasajeros; con respecto al motor diésel-eléctrico se dan las especificaciones técnicas de acuerdo a lo explicado en el capítulo 6 de este documento.

POTENCIA: se establece de acuerdo al rango de potencia-torque según lo especificado en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.3. (Tipología Bus Alimentador y Padrón) "*Debe tener potencia, torque y relación de transmisión que le permita en condiciones de plena carga alcanzar una velocidad de 40 Km/h en 22.5 segundos en condiciones de terreno plano".*

SUSPENSION: los proveedores ofrecen diferentes tipos de suspensión que pueden ser ajustados según exigencia del Ente Gestor según lo estipulado en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.4. (Tipología Bus Padrón) "Debe contar con una suspensión neumática total"

PESO: se evidencia que los diferentes tipos de esta tecnología ofrecida por los proveedores están dentro del rango exigido por el Ente Gestor en su Manual de Operaciones en el aparte







7.2.1.3.3. *"Peso del vehículo por eje",* para primer eje 7.5 toneladas y segundo eje 12.5 toneladas.

DIMENSIONES: se encuentran dentro de las dimensiones exigidas por el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en su aparte 7.2.1.3.4. *"Dimensiones Externas"*, en lo referente a las dimensiones (ancho, altura, longitud, voladizo anterior, voladizo posterior y altura de suelo al punto más bajo de la carrocería.

RADIOS DE GIRO: se evidencia que se encuentran entre los parámetros exigidos por el Ente Gestor en su aparte 7.2.1.3.5., del Manual de Operaciones *"Radios de Giro",* según esto diámetro interior 5.3 metros y diámetro exterior 12.5 metros.

FRENOS: Los frenos de estos diferentes tipos ofrecidos por los proveedores son de tipo neumático estando acorde en lo exigido por el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en su aparte 7.2.1.3.6. *"Sistemas de Seguridad y Emergencia",* todos los buses para el Sistema Integrado Transporte Público deberán cumplir con lo establecido en código nacional de Transito con referencia al sistema de frenos. Se recomienda realizar las pruebas de frenado según lo establecido en la Guía Metodológica para realización de pruebas de autobuses de cero o bajas emisiones con el rigor técnico recomendado de uso de equipo quinta rueda, en un ciclo de ruta para prueba.

5.4.2. TECNOLOGÍA BUSES ELÉCTRICOS BATERÍA

Los proveedores BYD y CAETANOBUS; ofrecen tecnología eléctrica batería con capacidad de 80 pasajeros; con respecto al motor eléctrico se dan las especificaciones técnicas de acuerdo a lo explicado en el capito 6 de este documento.

POTENCIA: Según lo especificado en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.3. (Tipología Bus Alimentador y Padrón), referente a la potencia-torque, se debe tener en cuenta la siguiente especificación técnica. *"Debe tener potencia, torque y relación de transmisión que le permita en condiciones de plena carga alcanzar una velocidad de 40 Km/h en 22.5 segundos en condiciones de terreno plano"*, se recomienda realizar la prueba de potencia.

SUSPENSIÓN: la suspensión de los vehículos ofrecidos por los proveedores está dentro de los parámetros que exige el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.4. (Tipología Bus Padrón) *"Debe contar con una suspensión neumática total"*

DIMENSIONES EXTERNAS: las dimensiones externas de los vehículos ofrecidos por los proveedores se encuentran dentro de las dimensiones exigidas por el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en su aparte 7.2.1.3.4. *"Dimensiones Externas",* en lo referente a las dimensiones (ancho, altura, longitud, voladizo anterior, voladizo posterior y altura de suelo al punto más bajo de la carrocería.







RADIOS DE GIRO: se observa que se encuentran según los parámetros exigidos por el Ente Gestor en su aparte 7.2.1.3.5., del

Manual de Operaciones *"Radios de Giro",* según esto diámetro interior 5.3 metros y diámetro exterior 12.5 metros.

FRENOS: los frenos ofrecidos por los proveedores son de tipo neumático estando acorde en lo exigido por el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en su aparte 7.2.1.3.6. *"Sistemas de Seguridad y Emergencia",* todos los buses para el Sistema Integrado Transporte Público deberán cumplir con lo establecido en Código Nacional de Transito con referencia al sistema de frenos. Se recomienda realizar las pruebas de frenado según lo establecido en la Guía Metodológica para realización de pruebas de autobuses de cero o bajas emisiones con el rigor técnico recomendado usando el equipo de medición quinta rueda, en un ciclo de ruta para prueba

PESO: no están dentro del rango exigido por el Ente Gestor en su manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.3.3. *"Peso del vehículo por eje",* para primer eje 7.5 toneladas y segundo eje 12.5 toneladas.

5.4.3. TECNOLOGÍAS TROLEBÚS, DIÉSEL EURO VI Y GAS GNV

Los proveedores Scania y Eletra; ofrecen tecnología de bajas emisiones como sistema catenaria, diésel euro VI, gas GNV y eléctrico batería con capacidad de 80 pasajeros; para los motores (eléctrico, diésel y dedicado a gas) se dan las especificaciones técnicas de acuerdo a lo mencionado en el capítulo 6 de este documento.

POTENCIA: el rango de potencia-torque según lo especificado en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.3. (Tipología Bus Alimentador y Padrón) *"Debe tener potencia, torque y relación de transmisión que le permita en condiciones de plena carga alcanzar una velocidad de 40 Km/h en 22.5 segundos en condiciones de terreno plano".*

SUSPENSIÓN: La suspensión de los diferentes tipos que ofrecen los proveedores se observa que están dentro de los parámetros que exige el Ente Gestor en el Manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.4. (Tipología Bus Padrón) *"Debe contar con una suspensión neumática total"*

DIMENSIONES EXTERNAS: Las dimensiones externas se encuentran dentro de las exigencias del Ente Gestor en el Manual de Operaciones en su aparte 7.2.1.3.4. *"Dimensiones Externas",* en lo referente a las dimensiones (ancho, altura, longitud, voladizo anterior, voladizo posterior y altura de suelo al punto más bajo de la carrocería.

PESO: En cuanto a peso del vehículo se evidencia que no está dentro del rango exigido por el Ente Gestor en su manual de Operaciones en el aparte 7.2.1.3.3. *"Peso del vehículo por eje",* para primer eje 7.5 toneladas y segundo eje 12.5 toneladas.







Según esta información se evidencia que la mayoría de los autobuses de cero o bajas emisiones no cumplen con algunos apartes que exige el Ente Gestor en el Manual de Operaciones, en cuanto a algunos ítems de tipología, pero que según los mismos proveedores estarían en capacidad de corregirlos para dar cumplimiento con el Manual de Operaciones de TRANSMILENIO S.A.

5.5. OBSERVACIONES COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

A partir de la información técnica entregada por los proveedores de buses y tecnología automotriz de bajas emisiones y la información en el banco de datos del Ente Gestor, se evidencia que ofrecen productos para el transporte en vehículos con capacidad de 80 pasajeros y en promedio de 12 metros de largo en distintas tecnologías como lo son: Diésel, Híbridos Diésel- Eléctricos, Catenaria y Eléctricos, algunos de los proveedores poseen amplia experiencia en la operación de vehículos en distintas ciudades del mundo como Tokio, los Ángeles, Shanghái, Barquisimeto, Quito, México, Santiago de Chile, Sao Paulo, Vancouver, New York, Pekín, entre otras.

Tecnologías como el sistema con catenaria, eléctrica batería y gas se encuentran en etapas de evolución tecnológica; aunque por información suministrada de los proveedores e investigaciones realizadas en la red internet existen flotas en operación actualmente en ciudades como: Shanghái, Sao Paulo, Caracas y Quito.

En cuanto al transporte con capacidad de más de 160 pasajeros en tecnologías como catenaria, eléctrico batería e hibrido se encuentran en proceso de evolución tecnológico con alianzas estratégicas entre proveedores de esas tecnologías y fabricantes de carrocerías.

Se realizó una matriz de comparación de tecnologías ofrecidas por los diferentes proveedores con fin de evaluar criterios de cumplimiento de las características técnicas y físicas de los vehículos exigidos en el Manual de Operación y las normas técnicas que exige el Ente Gestor para ser aplicadas a los vehículos de transporte masivo en la ciudad de Bogotá.

Se evidencia que en la información suministrada por los diferentes proveedores de tecnologías de cero o bajas (híbridos, eléctricos batería, trolleybus, diesel Euro VI, gas GNV) no se cumple con algunos apartes exigidos por el Ente Gestor en el Manual de Operaciones referente a la tipología de los vehículos concerniente a la carrocería, como disposición de pasamanos, disposición de sillas, dimensión de ancho libre de puertas, entre otras; y otras menos relevantes como ventilación, número de claraboyas, disposición de ruteros etc.; pero que según información de los mismos proveedores estarían dispuestos a realizar los ajustes necesarios para darle cumplimento al requisito exigido.

Para dar un concepto final con respecto al funcionamiento de los diferentes tipos de tecnologías ofrecidas por los proveedores se recomienda a estos realizar las diferentes pruebas exigidas (inspección de tipología, radios de giro, frenado, capacidad de ascenso y desempeño ambiental) en la Guía Metodológica para la realización de pruebas de







autobuses de cero o bajas emisiones, con el fin de establecer los requerimientos del Ente Gestor para la adecuada prestación del servicio de transporte público de pasajeros en la ciudad de Bogotá.

6. GAS NATURAL VEHÍCULAR

El gas natural es un combustible fósil derivado del petróleo y que para uso vehicular se le denomina GNV (Gas Natural vehicular), este es comprimido a gran presión con el ánimo de almacenar la mayor cantidad posible.

El gas natural por su composición emite una cantidad muy baja de contaminantes, por lo cual se impacta menos la salud de las personas y se mejora la calidad del aire, según esto se derivan grandes beneficios al medio ambiente generando gran sostenibilidad.

Los beneficios económicos, fiscales, ambientales y sociales por la instalación del gas natural vehicular son muy altos entre los que se destacan los siguientes:

- Los costos de operación se reducirían y esto tendría un efecto en tarifas del SITP
- Promover la implantación de flotas con GNCV brindará a Bogotá la posibilidad de contar con estos beneficios, complementando las energías destinadas para el transporte
- La tecnología del GNCV ha sido ampliamente probada, funciona en la actualidad y se está incrementando su uso a nivel internacional
- Existe una amplia disponibilidad de gas, equipos, buses (inclusive en tipologías menores) y tecnología suficiente para la implementación del SITP con gas natural vehicular

En países con gran afluencia de personas como India, Corea, China, España y Estados Unidos se vienen preocupando por la adopción de GNV en el transporte público de pasajeros. En el siguiente cuadro se muestra un aproximado de la cantidad de buses con esta tecnología para cada uno de estos países:

Tabla 43. Estimado de flota GNV en países de gran afluencia

PAÍS	CANTIDAD BUSES
INDIA	11000
COREA	20000
ESPAÑA	1000
CHINA	10000
ESTADOS UNIDOS	15000

Fuente: Compañía SCANIA, Soluciones ambientales para el transporte masivo de pasajeros







En este sentido surge una gran posibilidad de implementar tecnologías de gas natural como una de las opciones que disminuyan los impactos de la salud pública por causa de la contaminación en el transporte masivo de pasajeros de la ciudad de Bogotá.

6.1. TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURA NECESARIA

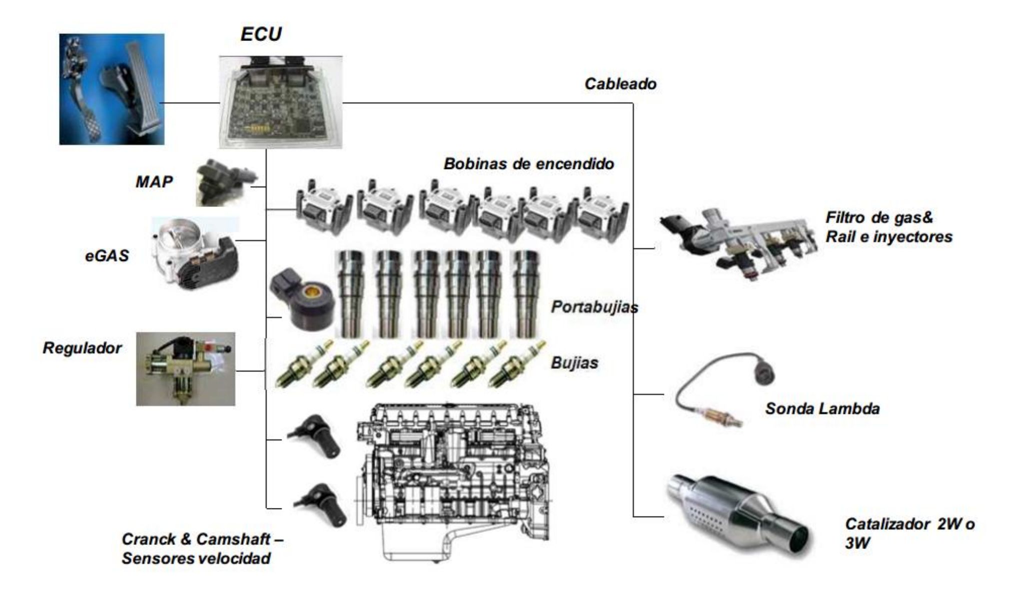
La tecnología a gas que se ha presentado en la ciudad, ofrece un comportamiento adecuado para las condiciones propias de la ciudad, ya que posee un motor totalmente dedicado a gas con relación estequiometria de la mezcla; lo cual le permite tener la potencia adecuada y la relación de torque para lograr una operación acorde a la geografía propia de la ciudad.

6.1.1. Tecnologías a gas natural

Un vehículo de GNL es principalmente un vehículo que utiliza como medio de propulsión un motor dedicado a gas (100% gas) o dual fuel (diesel+gas) y donde el almacenamiento del gas se realiza en fase líquida.

Las tecnologías dedicadas a gas que actualmente se presenta en el mercado local, son tecnologías 100% dedicadas a gas natural con marco de emisiones Euro 5 y 6.

Ilustración 95. Esquema componentes de motor GNV



Fuente: http://gasnam.es/wp-content/uploads/2013/11/IDIADA.pdf






Los componentes del sistema y su funcionamiento son similares a los de la tecnología de combustión interna (Diesel).

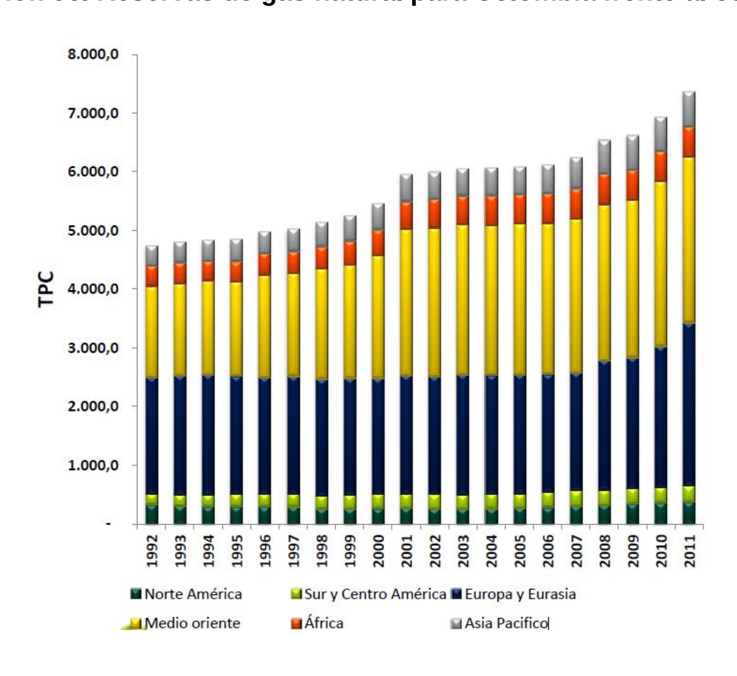
6.1.2. Distribución y Redes de Transporte

Las reservas probadas de gas natural a nivel mundial han venido creciendo sostenidamente en los últimos 20 años, ascendiendo a 7400 TPC, que podría abastecer la demanda global por 63 años más. Las reservas de gas a nivel mundial se encuentran en sectores como:

- Rusia 21%.
- Irán 16%.
- Qatar 12%
- Sur y Centro América representan un 3.6%,
- Colombia un 0.1% de las reservas globales.

La gráfica representa la duración de las reservas frente al consumo si este permaneciera constante:

Ilustración 96. Reservas de gas natural para Colombia frente al consumo



Fuente: BP – Statistics, Gas Natural Fenosa

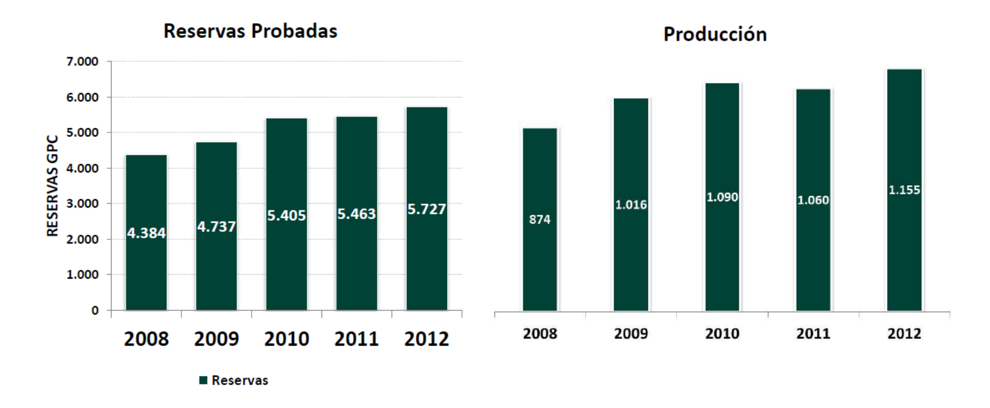
En Colombia en 2012, las reservas probadas de gas ascendieron a 5.7 TPC (Tera pies cúbicos), aumentando 31% respecto a las reservas del año 2008. Por su parte, la producción creció en la misma proporción.







Ilustración 97. Reservas de gas natural probadas para Colombia

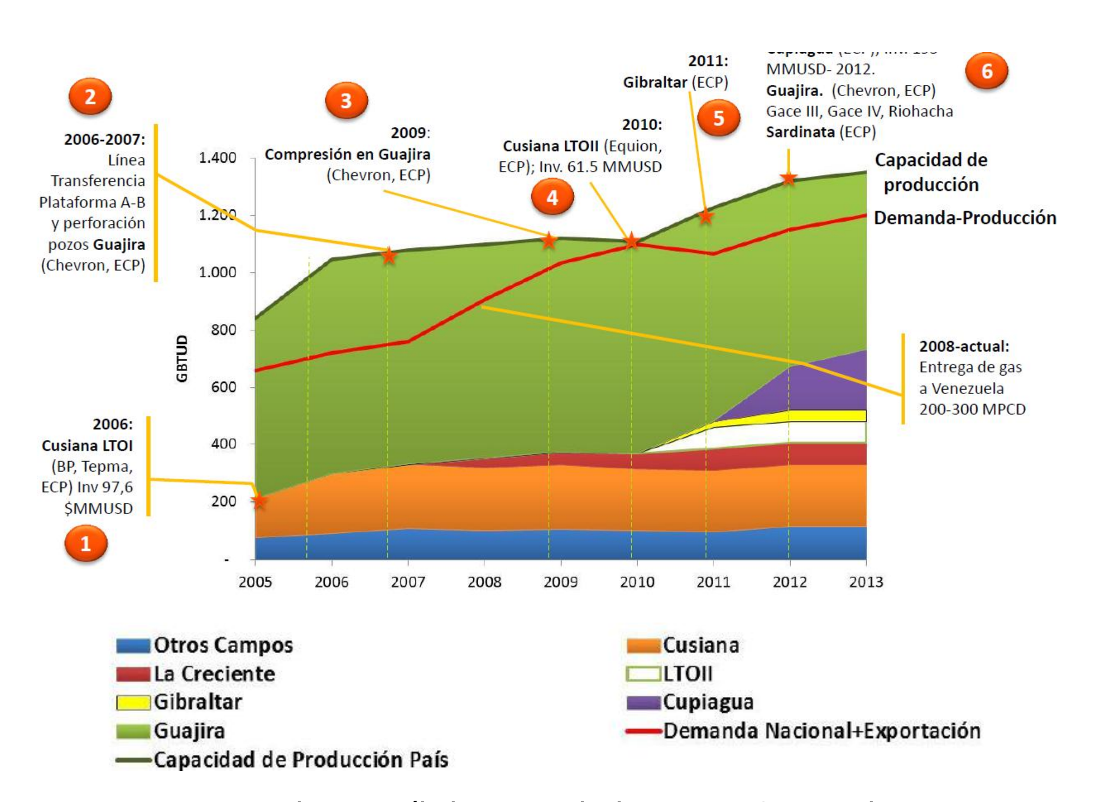


Tera pies cúbicos: 1 TPC equivale a 175 Millones de barriles de crudo

Fuente: www.anh.gov.co, cálculos Ecopetrol sobre reservas, Gas Natural Fenosa

Entre 2005-2013, la capacidad de producción de gas en el país creció un 61%, alcanzando 1,350 GBTUD, gracias al desarrollo de proyectos de Ecopetrol, socios y otros productores

Ilustración 98. Capacidad de producción de gas natural



Fuente: www.anh.gov.co, cálculos Ecopetrol sobre reservas, Gas Natural Fenosa



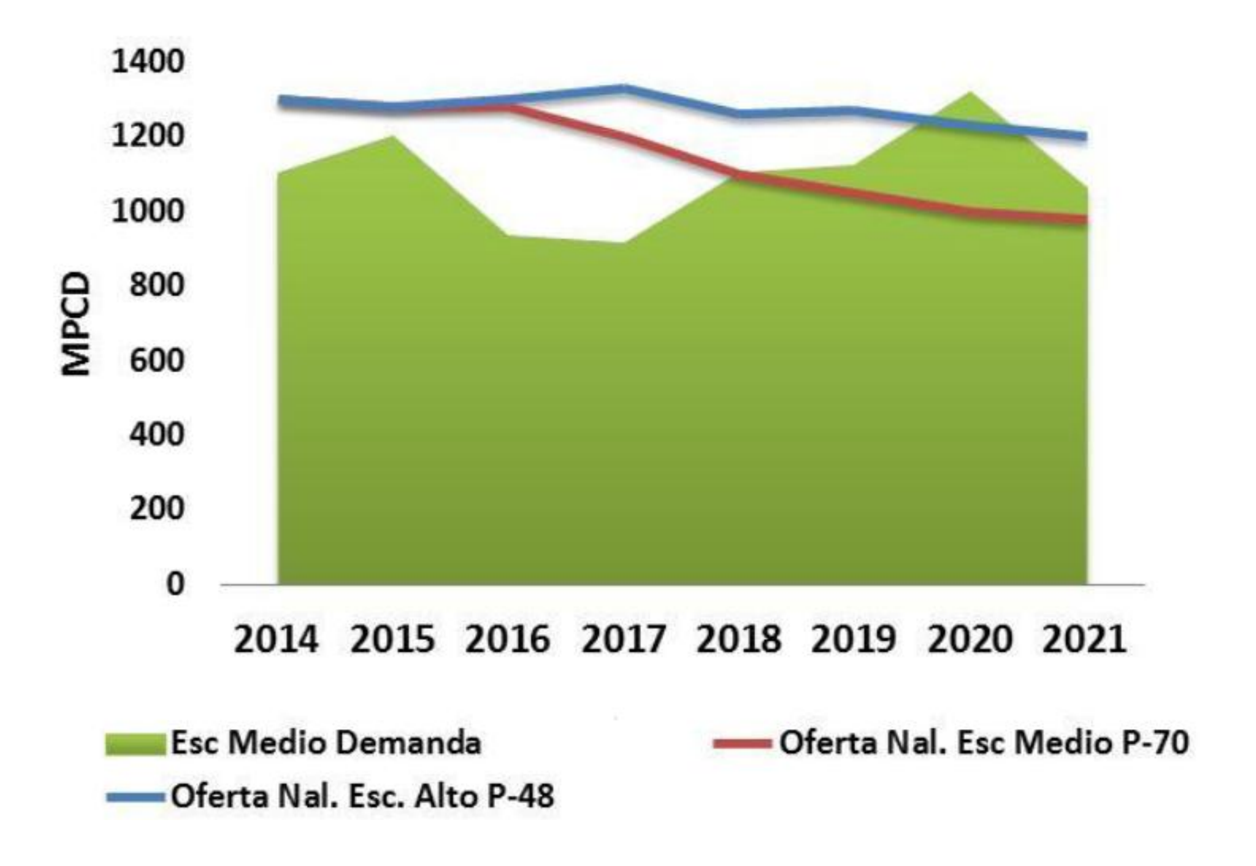




Hoy según la UPME, el país tendría suficiente gas para abastecer la demanda hasta el 2018 en un escenario medio de oferta y más allá del 2021 en un escenario alto de oferta.

Continuando con los desarrollos exploratorios y de producción somos optimistas de superar los pronósticos actuales

Ilustración 99. Demanda de gas natural en Colombia para el año 2018



Fuente: UPME, 2013, Gas Natural Fenosa

Todo esto garantizaría la distribución del combustible para una posible inmersión de las tecnologías dedicadas a gas natural para el Plan de Ascenso Tecnológico PAT, en el marco de la política pública establecida mediante Decreto 477 de 2.013, en lo referente a la fase de movilidad limpia troncal para el reemplazo de flota existente de Fases I y II, brindándole a los Operadores del SITP tranquilidad frente al suministro de gas durante los próximos años.






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

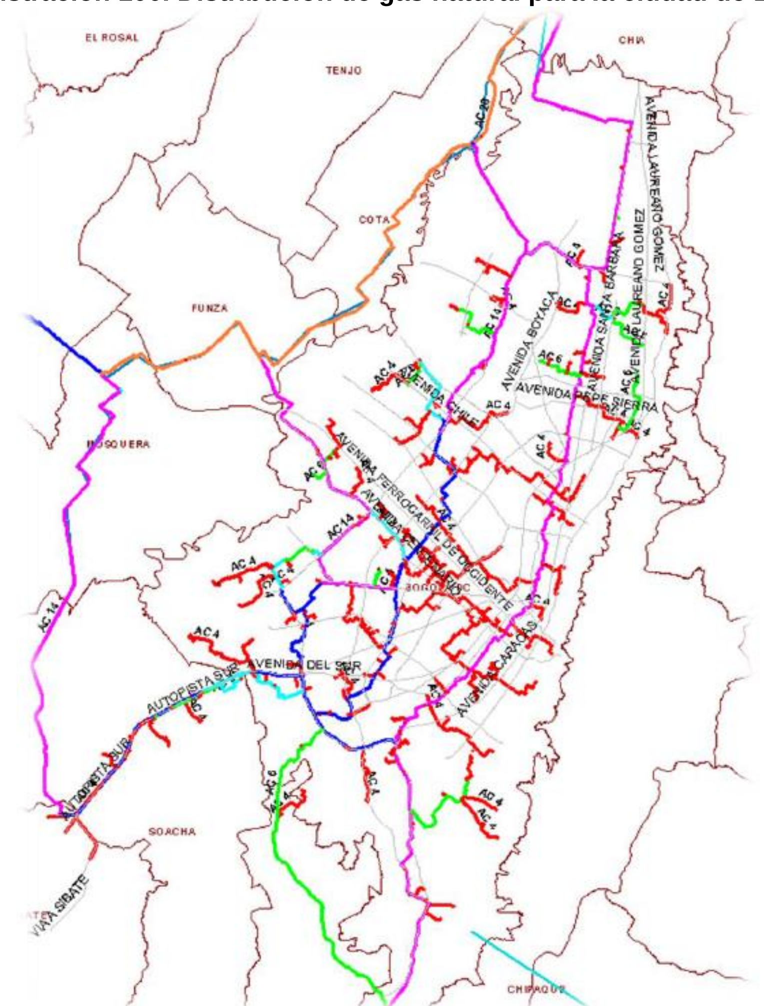
6.1.3. Acometida de suministro de gas natural

La ciudad de Bogotá se abastece de gas natural por dos entradas principales (Gasoducto Cusiana – La Belleza – Bogotá y Gasoducto Cusiana – Apiay – Bogotá)

Las redes primarias de distribución de la ciudad están construidas en acero al carbón y conforman los grandes circuitos que abastecen la ciudad de Bogotá y municipios aledaños, como Soacha y Sibaté. La red de distribución primaria abastece las estaciones del Distrito, las EDS y las grandes industrias

El siguiente gráfico muestra la red de distribución de gas en la ciudad de Bogotá:

Ilustración 100. Distribución de gas natural para la ciudad de Bogotá



Fuente: UPME, 2013, Gas Natural Fenosa




6.1.4. Suministro y Estación de gas natural

Se toma de la red primaria de distribución. El material utilizado es tubería de Acero al carbón y Trabaja a un a presión entre 125 y 400psi

Ilustración 101. Red de distribución de gas natural primaria

Ejemplo de acometida estación Brío Altamar

Red matriz de acero 14”

AVENIDA CIUDAD DE CALI

Derivación para EDS GNV 4”

Estación de GNV

Fuente: Gas Natural Fenosa



Las estaciones de servicio tienen los siguientes sistemas:

•Control de tanqueo

•Compresor

•Surtidores

•Almacenamiento más respaldo de confiabilidad

•Posibilidad de abastecerse con GNC

El esquema general de operación y almacenamiento que permite el aseguramiento de la disponibilidad de gas, el siguiente es el esquema de distribución propuesto por gas natural Fenosa:

Ilustración 102. Esquema de operación y mantenimiento de la red de suministro de gas natural



Fuente: Gas Natural Fenosa





6.2. Disponibilidad de suministro de gas natural a Patios del Sistema Troncal de Fases I y II

Para simular la red de distribución de gas a los patios del sistema troncal de las fases I y II del sistema TransMilenio, se solicitó al distribuidor del combustible ilustrar gráficamente cual sería la conexión propuesta a los patios del sistema.

La acometida de conexión a los patios que realizaría Gas Natural Fenosa a los patios de sistema troncal se relaciona de la siguiente manera:

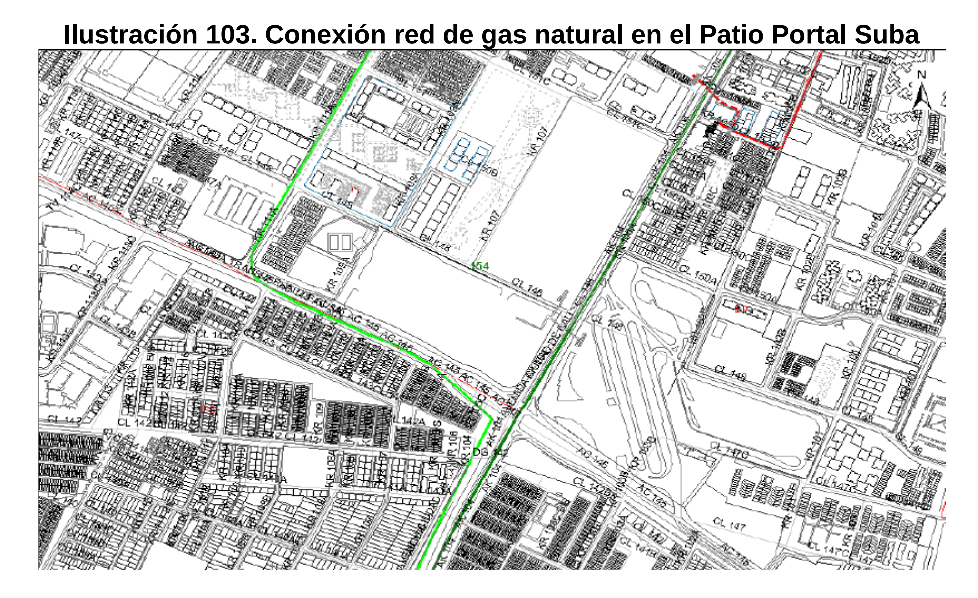
Conexión red de gas natural en el Patio Portal Suba

Operador: Transmasivo S.A.

Ubicación: Av. Suba por Av. Ciudad de Cali

Red de conexión: red a 550 metros en tubo de acero de 4 pulgadas

Ilustración 103. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Suba



Fuente: Gas Natural Fenosa

Conexión red de gas natural en el Patio Portal Sur

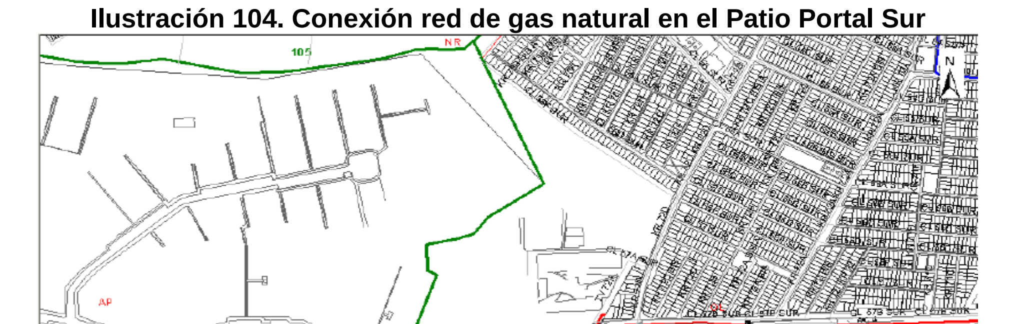
Operador: Conexión Móvil S.A.

Ubicación: Calle 57 Q sur No. 65 – 64

Red de conexión: red a 330 metros en tubo de acero de 4 pulgadas



Ilustración 104. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Sur





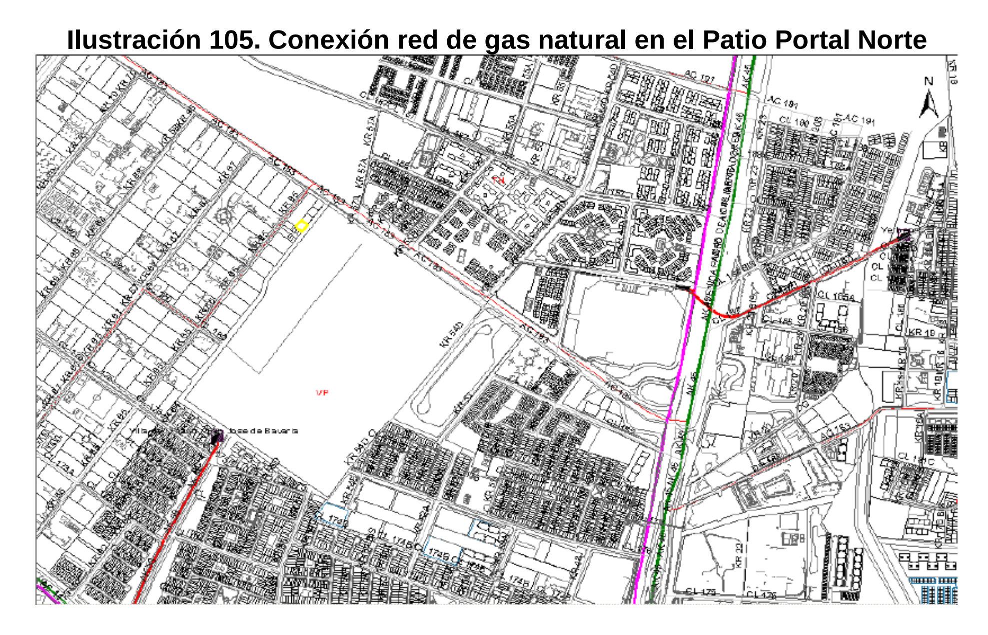
Conexión red de gas natural en el Patio Portal Norte

Operador: Ciudad Móvil S.A.

Ubicación: Calle 183 No. 51-65

Red de conexión: red a 200 metros en tubo de acero de 4 pulgadas

Ilustración 105. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Norte



Fuente: Gas Natural Fenosa







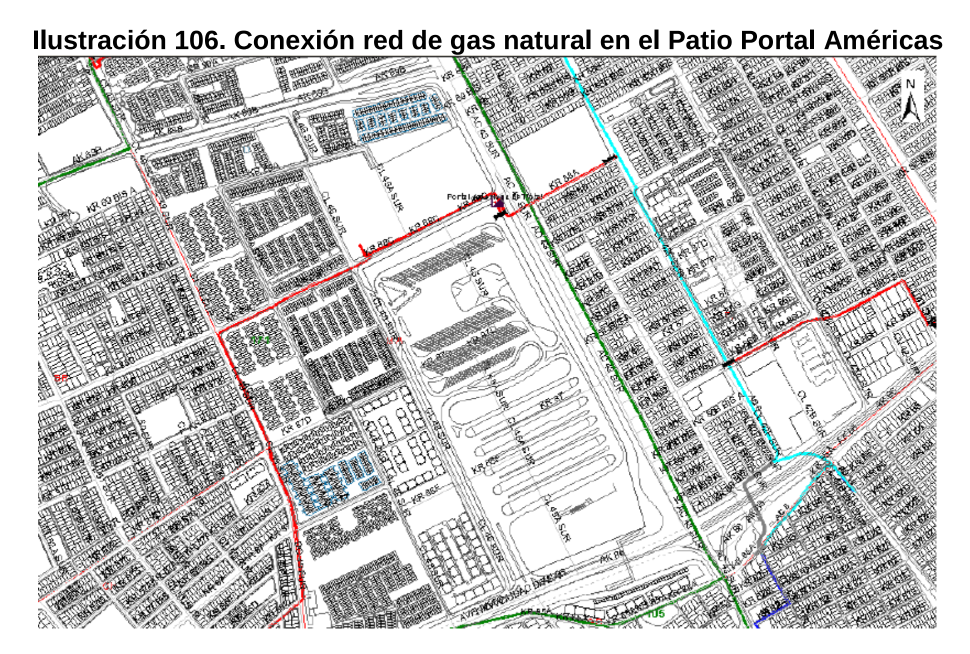
Conexión red de gas natural en el Patio Portal Américas

Operador: Somos K

Ubicación: Carrera 86 Bis No. 45 – 57 Sur

Red de conexión: red a 330 metros en tubo de acero de 4 pulgadas

Ilustración 106. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Américas



Fuente: Gas Natural Fenosa

Conexión red de gas natural en el Patio Portal Calle 80

Operador: Express del Futuro S.A.

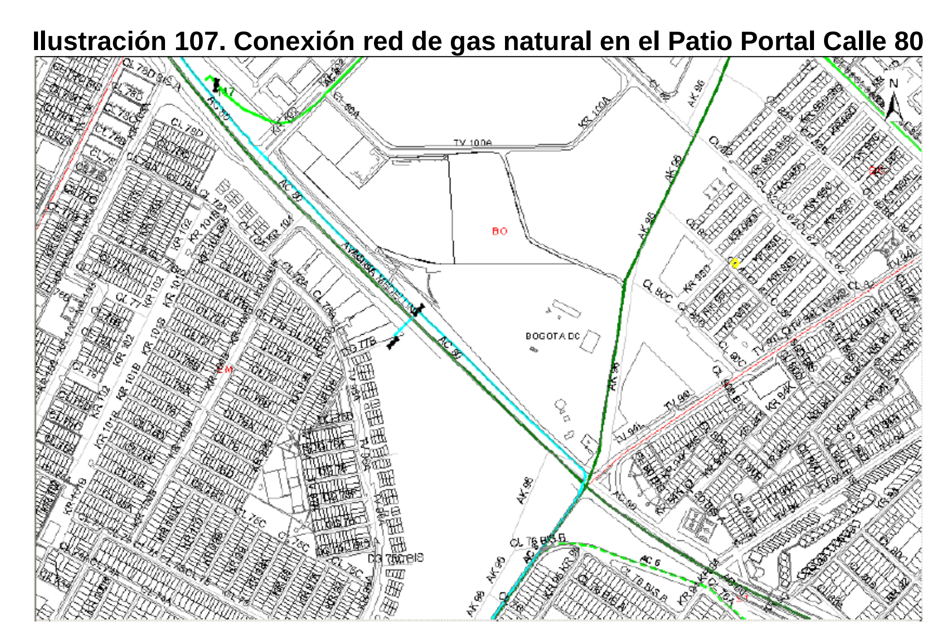
Ubicación: Avenida Calle 80 No. 96 – 91

Red de conexión: red a 20 metros en tubo de acero de 4 pulgadas





Ilustración 107. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Calle 80



Fuente: Gas Natural Fenosa

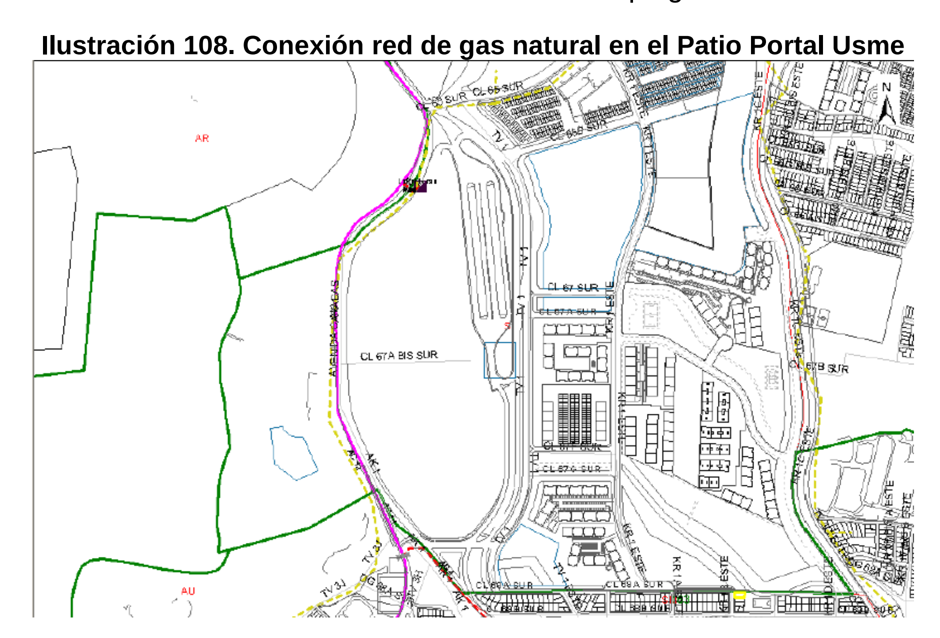
Conexión red de gas natural en el Patio Portal Usme

Operador: SI – 99 S.A.

Ubicación: Calle 63 C Sur por Troncal Caracas

Red de conexión: red a 40 metros en tubo de acero de 12 pulgadas

Ilustración 108. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Usme



Fuente: Gas Natural Fenosa

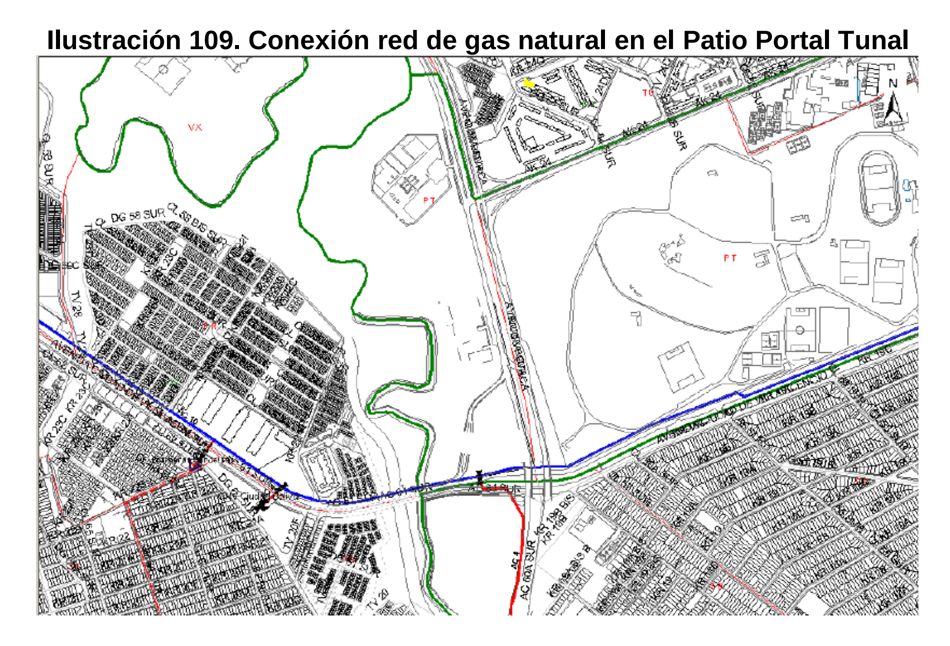
Conexión red de gas natural en el Patio Portal Tunal

Operador: Metrobus S.A.

Ubicación: Calle 48 S No 23-35

Red de conexión: red a 500 metros en tubo de acero de 4 pulgadas

Ilustración 109. Conexión red de gas natural en el Patio Portal Tunal



Fuente: Gas Natural Fenosa

7. TECNOLOGÍA HÍBRIDA

Esta tecnología brinda al transporte de pasajeros beneficios en la sostenibilidad del medio ambiente, debido a que reduce el uso de combustible fósil que para el caso es diésel y que con el uso de energía eléctrica por medio de generadores eléctricos combina las dos fuentes de energía por lo cual disminuye el uso del diésel.

En el 2003, las Naciones Unidas definieron el vehículo híbrido de la siguiente forma: “Un Vehículo híbrido es aquel que combina al menos dos transformadores de energía y dos sistemas de almacenaje de energía distintos (sobre el vehículo) con el objetivo de propulsar al vehículo”. Este concepto general se aplica usualmente a los vehículos que combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico[12].

[12] Vehículo comercial híbrido, https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4130/1/memoria.pdf



Estas dos fuentes de energía son altamente compatibles, de esta manera el vehículo híbrido aprovecha las ventajas de cada una de las fuentes de energía a la vez que compensa las desventajas de la otra. Se obtiene así un vehículo con elevadas prestaciones a nivel de eficiencia

Esta tecnología presenta dos principales tipos de utilización, los cuales son:

- Híbrido en serie
- Hibrido en paralelo

A continuación se muestra el esquema típico de funcionamiento comparativo de un sistema híbrido en serie y paralelo.

Ilustración 110. Esquema comparativo del sistema híbrido en serie y paralelo

Fuente: Consulta Google, Comparativo tecnologías híbridas

Este tipo de buses usa normalmente una fuente de poder diesel-eléctrica y también se describen como buses híbridos diesel-eléctricos. Con la fuente de poder eléctrica se buscan economías de combustible superiores a las de los vehículos convencionales. Los buses híbridos diesel-eléctricos modernos usan tecnologías para mejorar la eficiencia, tales como frenado regenerativo, que convierte la energía cinética del vehículo en energía eléctrica para cargar la batería en lugar de disipar la energía en forma de calor cada vez que el vehículo frena.







En general, los vehículos híbridos y eléctricos se pueden clasificar de acuerdo a la fuente de poder que llega al tren de conducción: en paralelo o en serie. En los híbridos en serie, solo el motor eléctrico maneja al tren de dirección y el motor de combustión interna trabaja como un generador para alimentar al motor eléctrico o para recargar las baterías. Los híbridos en serie tienen normalmente motores de combustión más pequeños y un conjunto de baterías más grande que el de los híbridos en paralelo. A su turno estos tienen motores más pequeños que los de los buses diesel equivalentes.

En los híbridos en paralelo ambos motores, el de combustión interna y el motor eléctrico, están conectados a la transmisión mecánica y pueden transmitir simultáneamente potencia para manejar las ruedas, normalmente mediante transmisión convencional

7.1. ESTRUCTURAS HÍBRIDAS

Las tecnologías de buses híbridos y eléctricos son reconocidas como bajas en emisiones de carbono. Los buses híbridos combinan un motor convencional de combustión interna con un sistema de propulsión eléctrico.

7.1.1. Sistema híbrido en serie

En los sistemas de propulsión híbrida en serie, el vehículo es propulsado mediante un motor eléctrico. La energía eléctrica necesaria es proporcionada por una combinación de un motor de combustión interna y un generador. Mediante el acumulador de energía eléctrica, se puede almacenar la energía de frenado. El siguiente grafico muestra el esquema de funcionamiento de este tipo de tecnología:

Ilustración 111. Esquema de funcionamiento tecnología híbrida en serie

Tanque de Gasolina
Banco de baterías
Motor de combustión interna
Generador eléctrico
Cargador de baterías
Inversor o convertidor
Motor eléctrico

Fuente: Consulta Google, Sistema de funcionamiento tecnología híbrida en serie





7.1.2. Sistema híbrido en paralelo

En el sistema híbrido en paralelo, tanto el motor de combustión interna como el motor eléctrico están integrados en la cadena cinemática. Pueden propulsar el vehículo bien por separado o bien de manera conjunta. El acumulador de energía eléctrica almacena la energía de frenado y la suministra de nuevo para reforzar al motor.

Ilustración 112. Esquema de funcionamiento tecnología híbrida en paralelo

Fuente: Consulta Google, Sistema de funcionamiento tecnología híbrida en paralelo

7.2. Funcionamiento de la propulsión híbrida

- ✓ **Recuperación de la energía de frenado.** La energía de frenado generada durante el frenado se almacena de manera temporal y puede reutilizarse, por ejemplo, para el proceso de arranque.
- ✓ **Desplazamiento mediante la energía eléctrica**. La energía almacenada se utiliza para el arranque mediante electricidad, es decir, sin emisiones.
- ✓ **Sistema automático de arranque / parada.** El motor diesel se apaga automáticamente (por ejemplo en los semáforos). Si es necesario, se arranca de nuevo de manera automática.
- ✓ **Los requerimientos dinámicos de energía.** En el punto de máxima eficiencia se pueden cubrir mediante el acumulador de energía eléctrica, que permite a su vez ajustar el motor diesel para obtener un suministro de energía más lento. Esto reduce tanto el consumo de combustible como las emisiones.
- ✓ **Uso de motores diesel más pequeños.** Como el acumulador de energía eléctrica proporciona energía adicional, se pueden utilizar motores más pequeños que en los sistemas de propulsión convencionales.

7.3. Principales características del vehículo híbrido

Energía regenerada: Este concepto se conoce como frenado regenerativo, el cual es un avance de la tecnología al servicio de la operación de transporte por el cual la energía que se dispersa en la frenada es acumulada y se reutiliza para generar cargas energéticas en el sistema eléctrico (generador eléctrico).

Existen 6 características principales que definen el vehículo híbrido a nivel de la mejora que conllevan por lo que a reducción del consumo se refiere y que, a continuación, nos permitirán comparar los diferentes tipos anteriormente expuestos.

7.3.1. Arranque y parada del motor de combustión.

Los sistemas híbridos se paran automáticamente cuando el vehículo permanece parado (por ejemplo, en semáforos o en atascos del tráfico). En función de tipo de ciclo de conducción analizado, se pueden llegar a conseguir reducciones de consumo del 5% (obviamente siendo más favorable el ciclo urbano).

7.3.2. Recuperación y reutilización de la energía.

La pérdida de energía cinética del vehículo en desaceleraciones y frenadas (que sería disipada por los frenos en una configuración convencional) puede ser recuperada en forma energía eléctrica a través de un generador. Esta energía eléctrica es, a su vez, utilizada posteriormente por el motor eléctrico para propulsar al vehículo. De nuevo en función del tipo de ciclo de conducción analizado, se pueden llegar a obtener reducciones de consumo del 10% (obviamente siendo más favorable el ciclo urbano).

7.3.3. Asistencia del motor eléctrico.

El motor eléctrico asiste al motor de combustión en los procesos de aceleración del vehículo. Este hecho permite reducir el tamaño (cilindrada) del motor de combustión interna haciendo que este trabaje a alta carga con las consecuentes ventajas a nivel de eficiencia en condiciones de conducción normales.

7.3.4. Optimización de las condiciones de trabajo del motor de combustión.

Ligado con el punto anterior y unido al uso de transmisiones más eficientes se consigue que la condición de trabajo del motor de combustión sea la óptima. En la línea motriz convencional, el motor de combustión está dimensionado para alcanzar el máximo nivel de prestaciones del vehículo (adelantamientos, alta velocidad en pendiente, etc.). Como consecuencia, cuando el vehículo funciona en condiciones urbanas, el punto de trabajo del

motor difiere en gran medida del punto de mayor eficiencia. El sistema híbrido permite maximizar el rendimiento global del vehículo utilizando el motor eléctrico para mover al vehículo en condiciones en las que el rendimiento del motor de combustión es bajo y generando electricidad en condiciones en las que el rendimiento del motor de combustión es elevado.

7.3.5. Modo eléctrico.

Algunas configuraciones híbridas permiten la posibilidad de funcionamiento del vehículo en modo totalmente eléctrico. Este tipo de modo puede ser activado por el conductor del vehículo o de forma automática por la unidad de control.

La principal finalidad de este modo es eliminar las emisiones contaminantes en el lugar de uso del vehículo. El caso paradigmático de uso de este tipo de modo es el interior de las ciudades, donde su uso puede llegar a ser obligado.

7.3.6. Consumo de energía eléctrica directamente de la red.

Existen 2 tipos de vehículos híbridos: los autosuficientes y aquellos que deben o pueden ser conectados a la red eléctrica de forma periódica. La principal ventaja de los vehículos “conectables” a la red es que en un cierto porcentaje permiten el cambio de la energía primaria utilizada en el automóvil, del petróleo a otros tipos de energías (nuclear, gas natural, pero también eólica, hidráulica o solar).

Las principales desventajas de los vehículos que deben ser conectados a la red eléctrica radican en la necesidad de infraestructuras complejas de abastecimiento masivo de electricidad y la necesidad de grandes baterías (y las consecuentes incertezas relacionadas con su coste, peso, dimensiones y mantenimiento).

7.4. Ventajas de la propulsión híbrida

- ✓ Cerca del 30% de ahorro de combustible comparado con los vehículos diesel convencionales.
- ✓ Reducción del nivel de ruido y de las emisiones de gases de escape mediante la propulsión con energía eléctrica.
- ✓ Los sistemas de propulsión híbrida son ideales para su uso en el transporte urbano, tanto desde el punto de vista ecológico como económico.
- ✓ Mayor rendimiento del sistema de propulsión, recuperación de la energía de frenado.

8. TECNOLOGÍA TROLEBUSES

A pesar de su buen rendimiento, su mejor aceleración y de su bajo nivel de emisiones, en muchas partes del mundo los trolebuses fueron reemplazados por buses diesel a partir de la década de los cincuenta. En años recientes, una combinación de factores económicos,

tecnológicos y ambientales ha producido una situación propicia para el resurgimiento de los trolebuses:

- Los precios del petróleo han alcanzado niveles históricos, impulsados por una lata demanda en economías emergentes y perturbaciones políticas en los principales países productores, sin que existan perspectivas de bajen.
- La creciente conciencia ciudadana y política sobre las graves implicaciones de la contaminación del aire y el ruido en las ciudades y sus consecuencias en la salud de las personas.
- Los fabricantes de buses y equipos eléctricos han logrado introducir con éxito accesorios como sistemas de guiado automático, motores eléctricos independientes en las ruedas y carrocerías con pisos bajos.

El trolebús es la forma más común de tracción eléctrica en superficie soportada sobre ruedas neumáticas. De acuerdo con datos de TrolleyMotion existen en la actualidad 40.000 vehículos en funcionamiento, en 368 ciudades y en 47 países del mundo. De estos hay 7000 trolebuses operando en la Unión Europea. 3000 en Norteamérica, 5000 en Asia y casi 25000 en Europa del este y Rusia. Este panorama tiene contrastes muy claros, en donde se identifican dos tendencias claras en la operación. Una es la de las ciudades donde nunca desaparecieron y aún existen vehículos y redes desde hace mucho tiempo como en los países del este de Europa (Rusia, Polonia, República Checa, Países Bálticos). Incluso en muchos de estos países hay muchos constructores de autobuses y redes con precios muy inferiores a los que se encuentran en Europa central.

8.1. Sistema colector[13]

El sistema colector se encarga de transmitir la potencia DC de las líneas aéreas al Vehículo. Está compuesto del medio de contacto con la catenaria, el colector o pantógrafo y el sistema de retracción.
El medio de contacto o masa del colector es la encargada de hacer el contacto efectivo con el suministro de potencia tanto en condición de circulación como de parada del vehículo. Estas masas se encuentran en rangos entre 4 kg. y 8 kg.
El colector o *trolley* está conformado por dos brazos que toman el positivo y negativo de las catenarias. Tradicionalmente estos dos brazos llegan hasta el vehículo, pero en la actualidad existe un sistema monocolector el cual integra los dos *trolley* permitiendo un solo colector llegando al vehículo. Con esto se logra mejorar el impacto visual y el desempeño del sistema de retracción.
El sistema de retracción se encarga de mantener unido el sistema colector con las catenarias y permitir la continuidad del suministro.

[13] Proyecto De Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en el Marco del Convenio COLCIENCIAS – CODENSA y siguiendo la Estrategia para el Fortalecimiento de la Investigación y la Sostenibilidad del Sector Eléctrico Colombiano 2007

Ilustración 113. Colector con dos brazos



Fuente: Consulta Google.

Ilustración 114. Colector de un brazo



Fuente: Consulta Google.

8.2. Elementos del vehículo

Los principales elementos del vehículo empleado en los sistemas actuales son:
• Motor de tracción.
• Variador de velocidad para el motor de tracción.
• Conversor DC-DC para alimentar las cargas DC tales como controles y baterías.
• Conversor DC-AC para alimentar las cargas AC como el compresor y ventiladores.
• Equipos auxiliares como compresor, ventilador y baterías

8.2.1. Motor de tracción

El motor de tracción puede ser DC o AC. La gran mayoría de sistemas de trolebús en el mundo emplean motores DC, pero las tendencias muestran inclinación por el empleo de motores AC debido a su eficiencia y bajos costos de mantenimiento con respecto a los motores DC. En el caso de motores AC se emplean motores de inducción en conjunto con un fusible de protección. La capacidad de los motores se encuentra entre 120 a 240 kW.

8.2.2. Variador de velocidad del motor

El variador de velocidad se encarga de realizar el control de velocidad del motor de tracción. Está compuesto por sistemas que emplean modulación por ancho de pulso (PWM de sus siglas en inglés) y módulos de control de potencia (IPM de sus siglas en inglés) que protegen y hacen más eficiente la transferencia de potencia al motor. Los variadores deben incluir protección para el frenado o un sistema de frenado regenerativo, el cual utiliza elementos de electrónica de potencia para controlar la energía resultante del frenado del vehículo y en algunos casos reutilizarla o almacenarla en ultracapacitores llegando hasta un 25% de ahorro en la energía consumida por el sistema.
Cuando se emplean motores DC el sistema de control se realiza por medio de conversores DC-DC, los cuales con base en el ciclo de trabajo de los semiconductores de potencia permiten controlar la característica torque-velocidad de estos motores.

8.2.3. Conversores DC-DC y DC-AC

Teniendo en cuenta que los vehículos tienen servicios auxiliares que se alimentan tanto en DC como en AC, se requieren conversores DC-DC o DC-AC. Los primeros entregan tensión regulada a 48 Vdc y los segundos 360 Vac para los compresores y ventiladores, aunque estos voltajes puedan variar dependiendo del fabricante.



8.2.4. Sistemas trolebús en el mundo

A pesar de la creencia sobre la poca utilización de este sistema en el mundo, existen numerosas aplicaciones que han permitido solucionar problemas de transporte masivo teniendo en cuenta el cuidado del medioambiente.

Roma, la cual tiene sistema de metro y tranvía, ha invertido en 300 vehículos tipo trolebús. El país con mayor número de troles es Rusia con 89 sistemas y 14110 vehículos de los cuales Moscú cuenta con 2032.
Otras ciudades que recientemente han incorporado o están en plan de incorporar sistemas trolebús a su red de transporte son: Atenas, Berna, Boston, Daytona, Genova, Grenoble, Laussane, Lyon, Zurich, Napoles, St. Etienne, San Francisco, Sao Paulo y Seattle, entre otros.

El sistema de trolebús de ciudad de México está compuesto por 42 estaciones rectificadoras de 2 MW y una de 1 MW, la longitud de la catenaria es de 422 km, el vehículo está equipado con un motor de inducción de 127 kW, 4 polos, 430 Vac a 60 Hz y el compresor de 1,5 h.p. El control del motor de tracción se realiza a través de un variador de velocidad equipado con controlador por modulación por ancho de pulso (PWM). A continuación se muestra la distribución de sistemas y vehículos de estas características en el mundo y en Europa.

Tabla 44. Distribución Mundial de sistemas trolebús

	SISTEMAS	VEHÍCULOS
Europa del este	64	4482
Europa Occidental	48	1893
Eurasia	189	26666
Norteamérica	9	1926
Suramérica	13	828
Africa	0	0
Australia-asia	1	60
Asia	39	4810
TOTAL	363	40665

Fuente: Modelos para el Planeamiento de Sistemas de Distribución con Alimentación a Sistemas de Transporte Eléctrico Masivo, Universidad de los Andes, Año 2008.







Tabla 45. Distribución Europea de sistemas trolebús

	SISTEMAS	VEHÍCULOS
Austria	4	131
Bélgica	1	20
Francia	6	199
Alemania	3	104
Grecia	2	350
Italia	14	388
Holanda	1	48
Noruega	1	15
Portugal	1	20
Suiza	15	618
TOTAL	48	1893

Fuente: Modelos para el Planeamiento de Sistemas de Distribución con Alimentación a Sistemas de Transporte Eléctrico Masivo, Universidad de los Andes, Año 2008.

En la actualidad se ha mostrado interés en el uso de sistemas híbridos en los cuales el sistema trolebús puede funcionar en modo eléctrico o en modo diesel. Esto se logra con las unidades de potencia auxiliar las cuales permiten suministrar la tracción al vehículo cunado no sea posible alimentarlo con energía eléctrica. Estas unidades tienen potencias entre 50 kW y 75 kW permitiendo velocidades hasta de 35 km/h. Con este tipo de vehículos híbridos es posible llegar a sitios donde las restricciones técnicas para tendido de red eléctrica no lo permitan, convirtiéndolo en un sistema versátil.
Otra característica importante es la inclusión del frenado regenerativo con el cual es posible reutilizar la energía proveniente del motor en el momento del frenado y lograr ahorros del orden del 30%.
Actualmente en Francia se están desarrollando prototipos de trolebús que pueden ser incorporados a la infraestructura del tranvía en ciudades como Nancy y Caen.
Estos vehículos son diseñados con llantas especiales que se pueden adaptar al trazado del tranvía.
En los sistemas de distribución y estación rectificadora se han planteado mejoras con el fin de hacer el sistema más eficiente. Una de las maneras de reducir la distorsión armónica se logra al aumentar el número de pulsos del sistema de rectificación o instalando filtros para armónicos. Para reducir las pérdidas y mejorar la regulación de voltaje es posible emplear el sistema de 3 cables en DC.

8.3. Frenado reostático y regenerativo

Los sistemas de transporte eléctrico utilizaron desde sus comienzos un sistema de frenos por neumáticos, los cuales tienen un mecanismo basado en discos que añaden fricción al conjunto de ruedas para detener el tren. Sin embargo el uso del frenado eléctrico se ha convertido en la primera alternativa para sistemas de transporte como metros, tren de cercanías, tranvías y trolebús. Existen dos clases de frenado eléctrico, el frenado por





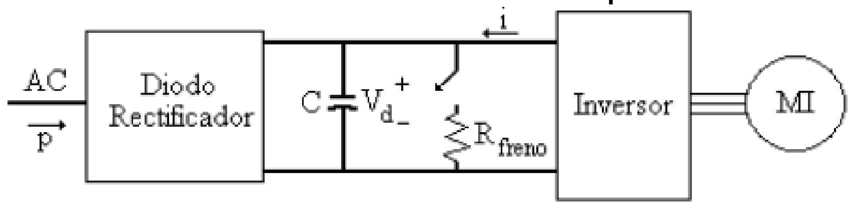


reóstato utilizado en bajas velocidades y el frenado regenerativo utilizado en altas velocidades, cabe resaltar que estos dos sistemas de frenado se utilizan en forma simultánea en trenes eléctricos que funcionan a altas velocidades, además el uso del frenado electrodinámico no desplaza en su totalidad los sistemas de frenado por neumáticos, los cuales funcionan en trenes de altas y bajas velocidades en un momento de emergencia.
Las subestaciones inversoras son dispositivos utilizados por el frenado regenerativo, con el fin de retornar la energía del frenado al sistema de distribución. Del mismo modo, el frenado regenerativo utiliza dispositivos de almacenamiento como ultracapacitores y baterías, con el propósito de retener la energía del frenado, la cual será utilizada para alimentar los servicios auxiliares del tren o suplir parte de la energía necesaria de otro tren que se encuentra acelerando cerca a esa subestación.

8.3.1. Frenado por reóstato

El frenado por reóstato utiliza un arreglo de resistencia dentro del vehículo de tracción, estos reóstatos absorben la energía liberada por el motor eléctrico cuando frena y la disipan en forma de calor, con el objeto de no aumentar los niveles de tensión en la línea de tracción, en el esquema se observa el circuito de control eléctrico para un sistema de tracción alimentado con AC, el cual se compone de un puente de diodos a la entrada del sistema que permite la rectificación de tensión, así como un capacitor en paralelo con un arreglo de resistencias de frenado, posteriormente se observa el sistema de inversión de tensión que suple la alimentación trifásica a los motores de inducción, por medio de dispositivos como controlados por "Pulse Width Modulated" (PWM).
Durante el frenado la polaridad del capacitor no cambia, sin embargo la corriente en el inversor cambia de dirección, permitiendo el flujo de corriente hacia el inversor, por lo tanto el puente de diodos rectificadores evita que la corriente circule hacia la línea de tracción, haciendo que el capacitor se cargue hasta ciertos niveles de tensión y posteriormente se descargue por la resistencia de frenado cuando se cierra el interruptor, con el propósito de evitar un aumento de voltaje en la línea de tracción, lo cual reduciría la receptividad en la red de tracción, así como la potencia del frenado regenerativo.

Ilustración 115. Circuito con frenado por reóstato



Fuente: Modelos para el Planeamiento de Sistemas de Distribución con Alimentación a Sistemas de Transporte Eléctrico Masivo, Universidad de los Andes, Año 2008



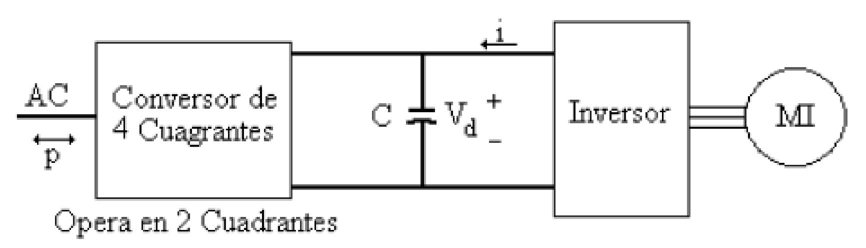




8.3.2. Frenado regenerativo

El propósito del frenado regenerativo es reutilizar la energía proveniente del motor que opera como generador en el momento de frenar. En el esquema se muestra un conversor de 4 cuadrantes, el cual permite el flujo de corriente en dos direcciones, así como un condensador, que mantiene el nivel de tensión constante y evita las caídas de tensión entre el conversor de 4 cuadrantes y el inversor, el cual suple la alimentación trifásica a los motores de inducción, por medio de dispositivos controlados por "Pulse Width Modulated" (PWM).

Ilustración 116. Circuito con frenado regenerativo



Fuente: Modelos para el Planeamiento de Sistemas de Distribución con Alimentación a Sistemas de Transporte Eléctrico Masivo, Universidad de los Andes, Año 2008

En el momento del frenado la corriente fluye por el inversor hacia el conversor de 4 cuadrantes, el cual permite reenviar una parte de la energía regenerada en el frenado a la línea de tracción para ser absorbida por otro trolebús cercano en la vía, sin embargo se puede dar el caso, que no se encuentre un trolebús cercano que demande potencia de la línea de tracción o la potencia del frenado regenerativo es tan alta para que sea completamente absorbida por otro bus vecino, esto produce un exceso de potencia, que aumenta los niveles de tensión en la línea de tracción, lo cual provoca que el control del sistema de tracción entre en un modo de frenado degradado y se reduzca la receptividad de la red de tracción. Una forma de prevenir el exceso de voltaje, así como mejorar la receptividad de la red de tracción es instalar en las subestaciones rectificadoras dispositivos que actúan como inversores de tensión, empleando arreglos de elementos semiconductores como los "Silicon Controled Rectifier" (SCR) y los "Insulated Gate Bipolar Transistors" (IGBT), los cuales realimentan efectivamente la potencia del frenado regenerativo a la red de distribución, reduciendo las fluctuaciones de voltaje en la línea de tracción DC.

Existen dos formas de realizar el frenado regenerativo en un sistema de transporte eléctrico, la primera es retornar la energía hacia la red de distribución, por medio de subestaciones inversoras, en el instante donde no se encuentre un tren arrancando o acelerando en esa sección y la segunda, es utilizar un elemento de almacenamiento como un ultracapacitor, con el objeto de retener la energía y reutilizarla en el momento de arranque y aceleración, así como abastecer los servicios auxiliares como son: las comunicaciones, calefacción e iluminación, entre otros. El resto de potencia que no es absorbida por los sistemas auxiliares o consumida en el arranque y aceleración, es utilizada por otro trolebús que se encuentra







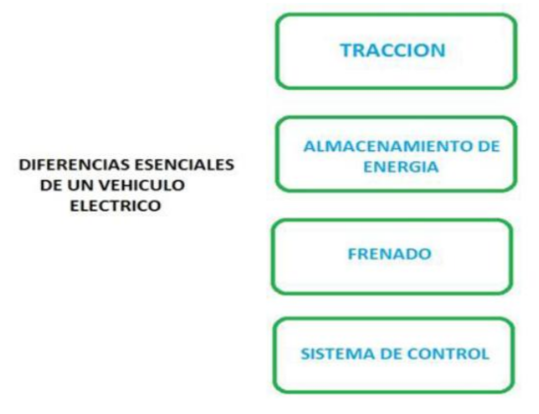
acelerando en esa sección o es retornada a la red de distribución por medio de las subestaciones inversoras.

9. TECNOLOGÍA ELÉCTRICA A BATERÍAS[14]

9.1. Elementos característicos de los vehículos eléctricos

Los sistemas que diferencian un vehículo eléctrico de un vehículo de combustión interna son el sistema de tracción, el sistema de almacenamiento de energía, el sistema de frenado regenerativo y el sistema de control.

Ilustración 117. Elementos característicos de los vehículos eléctricos



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

A continuación se hace una pequeña descripción de cada uno de estos sistemas.

9.1.1. Sistema de transmisión

En los vehículos eléctricos actuales, el sistema de tracción está formado por los elementos que se muestran en el siguiente esquema.

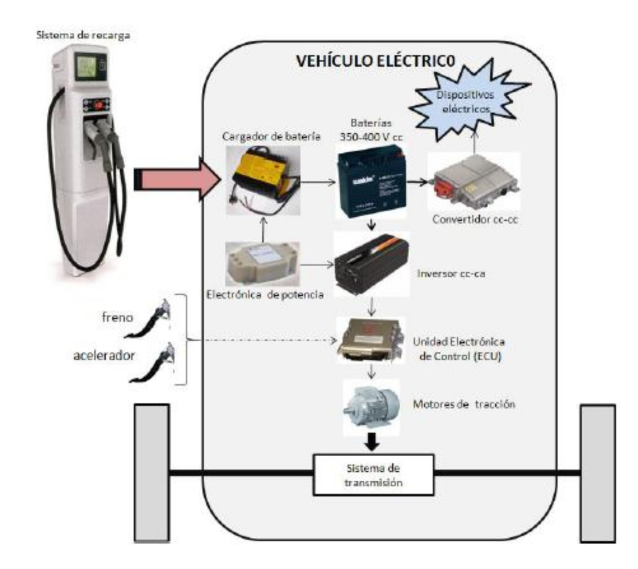
[14] Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011







Ilustración 118. Sistema de Transmisión



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

El funcionamiento de este sistema es el siguiente: dependiendo de los valores de las señales de entrada provenientes de los pedales de freno y de aceleración, el controlador del vehículo (ECU) regula el flujo de potencia que entra al motor eléctrico y las baterías. Este mecanismo dispone de un sistema de frenado regenerativo, que se encarga del retorno de la potencia generada durante la frenada o cuando el vehículo baja una pendiente para recargar las baterías. Se necesita además un convertidor a diferentes niveles de tensión para alimentar los sistemas auxiliares del vehículo como son la climatización, iluminación, navegación, etc.

Existe una gran variedad de configuraciones de vehículo eléctrico atendiendo a sus características de sistema de tracción y del tipo de sistema de alimentación:

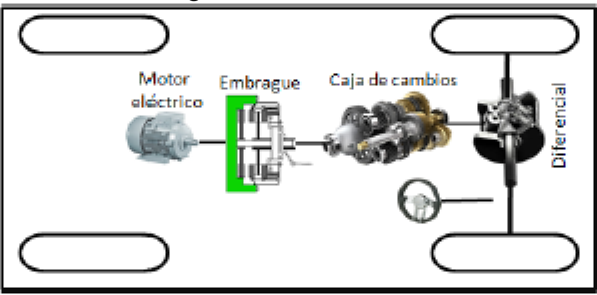
- Una primera configuración es aquella en la que simplemente se sustituye el motor de combustión interna por un motor eléctrico manteniendo el resto de componentes típicos de un sistema de tracción convencional. De tal manera, que el sistema de tracción se compone de un motor eléctrico, de un embrague, de una caja de cambios y de un diferencial. El embrague y la caja de cambios pueden ser sustituidos por una caja de cambios automática.







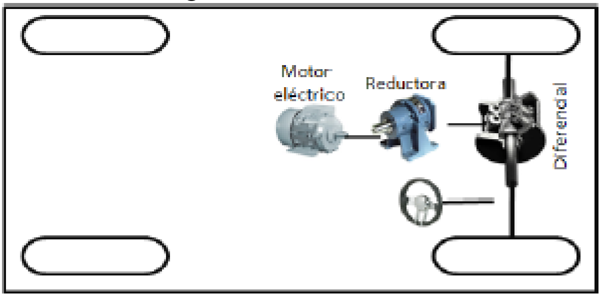
Ilustración 119. Configuración I de vehículo eléctrico



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

- Debido a que los motores eléctricos proporcionan una potencia constante en un rango grande de velocidades, se puede sustituir la caja de velocidades y el embrague por un único reductor. Esta configuración no solamente reduce el peso y tamaño del sistema de transmisión, sino que también simplifica su control debido a que ya no se requiere un cambio de marchas.

Ilustración 120. Configuración II de vehículo eléctrico



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

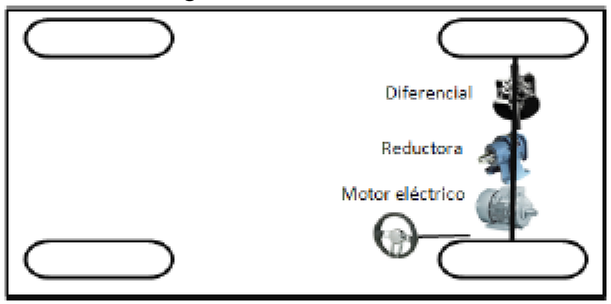
- Otra configuración, muy parecida a la anterior, es en la que el motor eléctrico, la reductora y el diferencial son montados juntos sobre el eje tractor. Con esta configuración, el sistema de tracción es más simple y compacto.







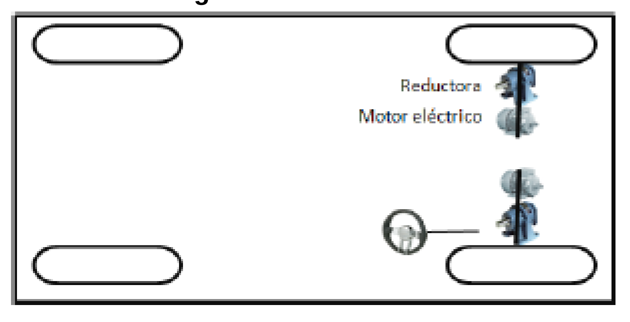
Ilustración 121.Configuración III de vehículo eléctrico



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

- Una cuarta configuración es aquella en la que se tiene dos motores tractores por lo que no se requiere diferencial. Cada uno de ellos se sitúa sobre las ruedas conductoras y trabajan a diferente velocidad cuando el vehículo traza una trayectoria circular.

Ilustración 122. Configuración IV de vehículo eléctrico



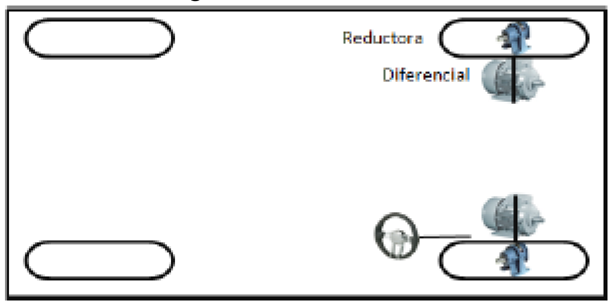
Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

- Para simplificar el sistema de tracción, el motor de tracción puede ser instalado dentro de la propia rueda. Para reducir la velocidad del motor y aumentar el par motor se puede emplear un planetario de pequeñas dimensiones. La ventaja de esta configuración es que permite una gran reducción de la velocidad y que los elementos se disponen en línea con el eje.





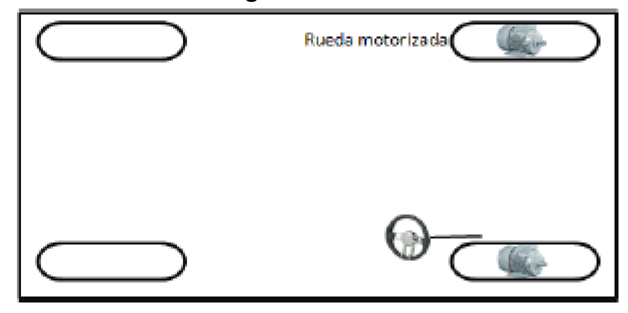
Ilustración 123. Configuración V de vehículo eléctrico



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

- Una última configuración es aquella en la que no se utiliza ningún sistema mecánico entre el motor eléctrico y la rueda conductora. La utilización de motor eléctrico de baja velocidad puede ser conectado directamente en la rueda. El control de la velocidad del motor eléctrico es equivalente al control de la velocidad de la rueda y, por tanto, al control de la velocidad del vehículo. Sin embargo, esta configuración requiere un motor eléctrico que proporcione un par elevado para permitir arrancar y acelerar al vehículo.

Ilustración 124. Configuración VI de vehículo eléctrico



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

9.1.2. Almacenamiento de energía

Para el almacenamiento de la electricidad en un vehículo eléctrico se pueden emplear diferentes tecnologías como son los superconductores, los volantes de inercia y las baterías electroquímicas o baterías. Esta última tecnología es la que se está imponiendo en los vehículos eléctricos.



9.1.2.1. Las baterías

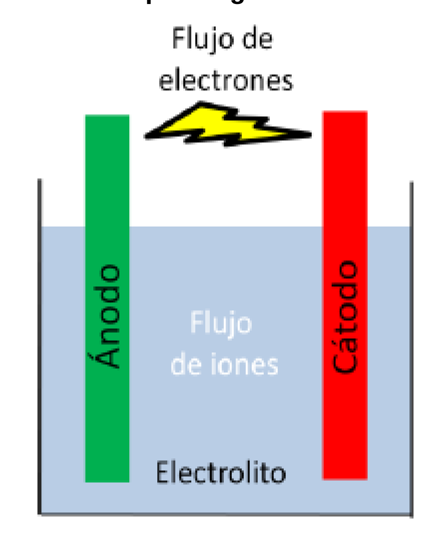
Las baterías son las encargadas de almacenar, mediante reacciones electroquímicas de oxidación/reducción, y suministrar la energía eléctrica que este tipo de vehículo necesita para su funcionamiento.

Las funciones principales de una batería de un vehículo eléctrico son:

- Almacenar electricidad suministrada por la red eléctrica a través del cargador de baterías.
- Suministrar al motor de tracción la potencia y energía necesarias para el correcto movimiento del vehículo.
- Recibir energía del motor de tracción cuando se esté produciendo una frenada regenerativa.
- Mantener la estabilidad, garantizando la seguridad del vehículo, incluso en caso de accidente.

En general, una batería electroquímica es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica en energía química durante el proceso de carga, y convertir la energía química en energía eléctrica durante la descarga. Una batería se compone de un conjunto de celdas. Cada celda está compuesta por tres elementos: 2 electrodos (positivo o ánodo y negativo o cátodo) inmersos en un electrolito.

Ilustración 125. Esquema general de una batería



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011







Las baterías se pueden clasificar dependiendo de su capacidad de carga. De esta manera, se denominan baterías primarias a las baterías de un solo uso y baterías secundarias a las baterías que se pueden recargar. Las baterías que se emplean en los vehículos eléctricos son del tipo secundarias. Este tipo de baterías no puede funcionar sin que se le haya suministrado previamente electricidad mediante lo que se denomina proceso de carga.

Las prestaciones de una batería van a depender en gran medida de las características que tengan las celdas o elementos utilizados para su fabricación.

Los parámetros electroquímicos utilizados para caracterizar una celda o una batería son:

- ✓ **Fuerza electromotriz, voltaje o potencial (E).** El voltaje de una celda electroquímica viene dado por la diferencia entre los bornes del cátodo y del ánodo. Es muy importante disponer de celdas con alto potencial, ya que permiten disminuir el número de elementos que se deben conectar en serie para aumentar el voltaje nominal de la batería. La fuerza electromotriz de las celdas y las baterías se mide en voltios.
- ✓ **Capacidad específica (Q).** La capacidad es la cantidad de electricidad que puede entregar la celda/batería antes de que su tensión disminuya por debajo de un valor mínimo. La capacidad se representa con el símbolo "C" y se expresa en "A-h" (Amperio-hora).
- ✓ **Energía específica (W).** La energía específica indica la cantidad total de energía eléctrica que se puede almacenar en la batería. Este parámetro electroquímico es muy importante ya que reúne a los dos anteriormente indicados. Así, la energía específica másica de una batería se calcula como Wm = EQ / peso de la batería. La energía específica volumétrica, también denominada densidad de energía, se determina a partir de la expresión Wv = EQ / volumen de la batería. Las unidades utilizadas para ambas energías son Whkg-1 y Whl-1, respectivamente.
- ✓ **Ciclos de vida**. Los ciclos de vida (life cycle) de una batería son el número de ciclos de carga/descarga que se pueden llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea el 80% de su valor nominal.

9.1.2.2. Baterías de Plomo-Ácido

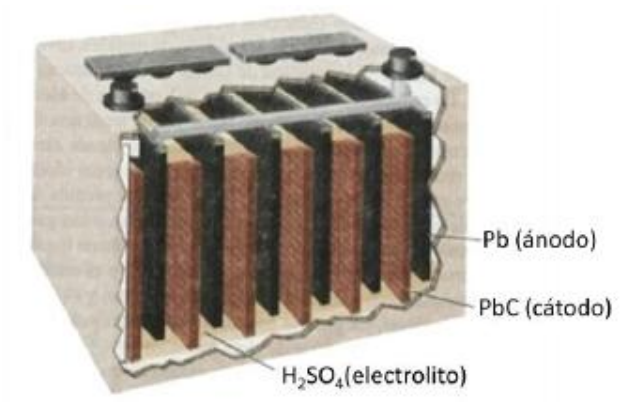
Las baterías de Plomo-Ácido o Pb-Ácido han sido el tipo de batería más utilizado hasta el momento en el campo de la automoción. En estas baterías, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito que es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico.






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Ilustración 126. Batería de Plomo-Ácido



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Sus ventajas son su bajo costo, se trata de una tecnología madura y presentan una alta potencia. Sin embargo, presentan ciertos inconvenientes como son baja energía específica, desprendimiento de gases, fuerte impacto medioambiental y bajo ciclo de vida. Esta última característica hace que se reduzca la vida media de estas baterías cuando se utilizan en vehículos eléctricos.

El electrolito de estas baterías es altamente corrosivo, lo que genera mayor desgaste por corrosión en las piezas y generalmente se recomienda el uso de guantes, botas y ropa protectora de goma al manejar baterías de Pb-ácido.

9.1.2.3. Baterías de Níquel-hidruro metálico

Las baterías de Níquel-hidruro metálico aparecieron a finales de los años 80. En estas baterías el cátodo es óxido de níquel, el ánodo es una aleación metálica capaz de almacenar hidrógeno y el electrolito es hidróxido de potasio.

Las ventajas que presentan, con respecto a las baterías de Pb-Ácido, es que poseen una energía específica másica y volumétrica mayor, permitiendo así disminuir tanto el peso como el tamaño de las baterías. No obstante, y debido a que su voltaje no es superior, dichas baterías se han utilizado, sobre todo, para vehículos híbridos, ya que admiten recargas rápidas que permiten aprovechar la energía generada durante la frenada regenerativa. Como ventaja adicional de esta tecnología, está su menor impacto medioambiental debido a la eliminación del plomo y que no requieren mantenimiento. Sin embargo, tienen un elevado costo.






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Ilustración 127. Batería de Níquel-hidruro



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

9.1.2.4. Baterías de Ión-Litio

Desde que se comercializara la primera batería Ión-Litio, esta tecnología ha experimentado un crecimiento sorprendente considerándose actualmente como la mejor tecnología del futuro en cuanto a baterías recargables.

En la actualidad, se están llevando a cabo numerosas investigaciones con el objetivo de desarrollar nuevas baterías Ión-Litio con mejores características que puedan ser utilizadas en vehículos eléctricos y vehículos híbridos.

Este tipo de baterías están formadas por celdas que utilizan compuestos con inserciones de litio como electrodos positivo y negativo. Durante las cargas y recargas de la batería, los iones de litio (Li+) circulan entre los electrodos.

Las baterías de Li-Ion son de bajo mantenimiento, no sufren el "efecto memoria"[15] y no requieren ciclos para prolongar la vida de la batería. Además de una elevada densidad de energía y escaso peso, su auto descarga es menos de la mitad si se le compara con las baterías de Níquel. Estas características las hacen ideales para ser utilizadas en vehículos eléctricos.

[15] Es un fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas.





Ilustración 128. Batería Ion-Litio



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Sin embargo, presentan ciertas desventajas como son su elevado costo, pérdidas de prestaciones con la temperatura y se degradan cuando se someten a condiciones de sobredescarga o sobrecarga. Además, la batería de Li-Ion envejece, se use o no*. En cuanto a su manipulación, hay que tener presente que el Litio es un elemento que reacciona violentamente con el agua*, produciéndose riesgo de explosión. Por tanto, se pueden presentar problemas de inseguridad en el caso de ruptura o presencia de fugas.

9.1.3. Los supercondensadores

Los supercondesadores son dispositivos electrónicos capaces de almacenar en su interior cargas eléctricas y liberarlas con extraordinaria rapidez generando corrientes eléctricas muy intensas durante décimas o centésimas de segundo.

Las ventajas de este tipo de tecnología son que tienen una velocidad de respuesta y un número de ciclos de carga y descarga mayor que las baterías. Como el tiempo de carga es rápido, son ideales para el almacenamiento de energía proveniente de las frenadas. Sin embargo, tienen una capacidad para almacenar energía menor que las baterías. Todo ello hace que los superconductores se empleen más en los vehículos híbridos que en los vehículos eléctricos.

En vehículos eléctricos, se puede usar un supercondensador en conjunto con una batería, de tal manera que se consigue combinar la potencia de actuación del primero con la buena capacidad de almacenamiento de energía de la última. Esto hace que los superconductores sean ideales para el frenado regenerativo, ya que mejoran notablemente la eficiencia del combustible bajo condiciones de conducción urbana de parada y marcha.

En la práctica, los supercondensadores tienen un aspecto parecido al que tienen las baterías: su tamaño es parecido y poseen también dos terminales para las conexiones, por

lo que su inspección se puede realizar siguiendo el mismo procedimiento que para las baterías.

Ilustración 129. Supercondensador



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

9.2. Motores eléctricos

En un vehículo eléctrico, el motor de combustión interna es reemplazado por un motor eléctrico el cual se encarga de transformar la energía eléctrica que absorbe por sus bornes en energía mecánica, transmitiendo esta energía a la ruedas y permitiendo, por lo tanto, el movimiento del vehículo.

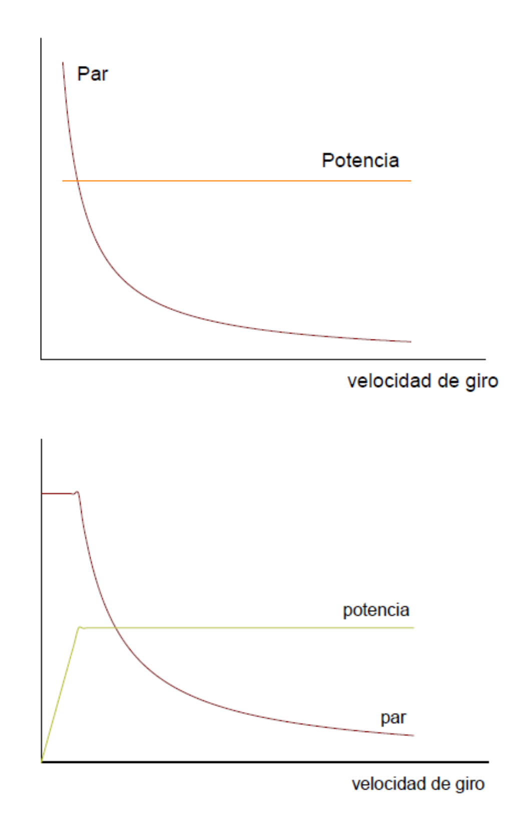
Los motores eléctricos presentan curvas características que se aproximan bastante a la curva ideal requerida en tracción, es decir, una entrega de potencia constante en todo el rango de velocidades lo que proporciona pares elevados a bajas velocidades de giro y pares reducidos a altas velocidades de giro. Es por este motivo por lo que un vehículo eléctrico no necesita caja de cambios. La ilustración muestra la curva característica de un motor eléctrico. A bajas velocidades, el motor eléctrico proporciona un par constante (zona de par constante) hasta su velocidad nominal. Una vez que el motor eléctrico alcanza dicha velocidad, el par se reduce proporcionalmente con la velocidad manteniendo la potencia constante (zona de potencia constante).







Ilustración 130. Curvas características de un motor eléctrico



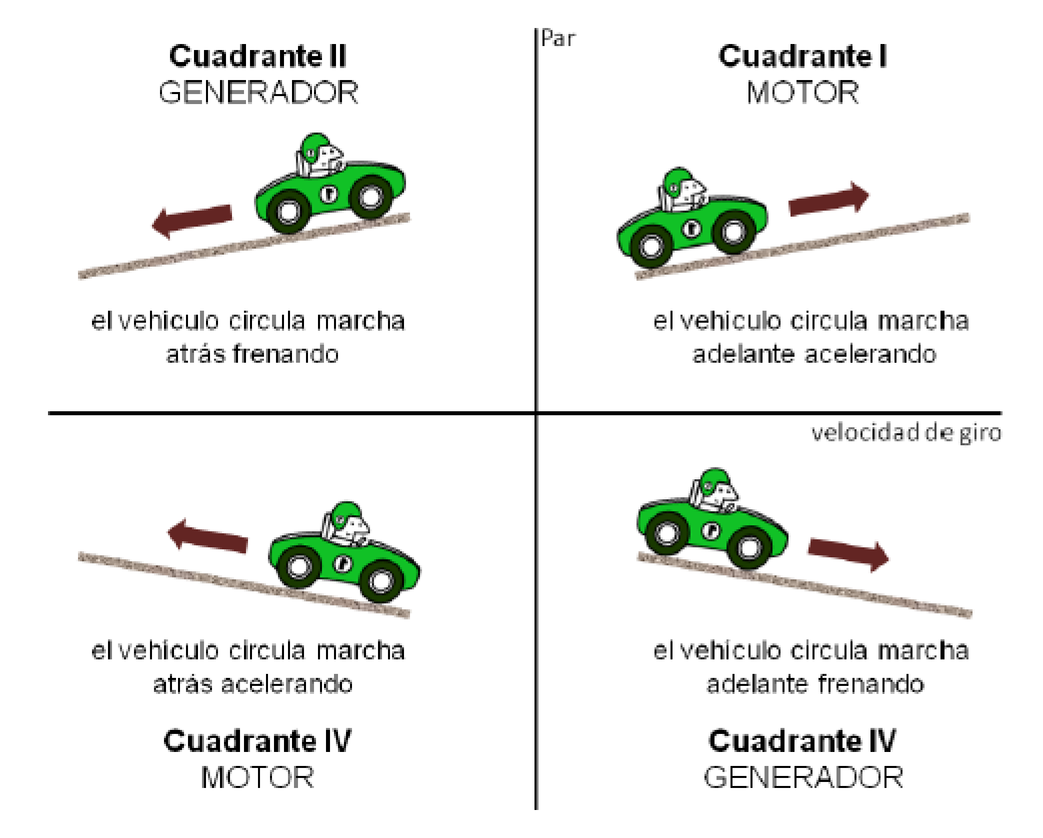
Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Los motores eléctricos, al ser máquinas reversibles, pueden transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Esto permite a los vehículos eléctricos poder recuperar energía durante las frenadas o en las bajadas de pendiente. El motor eléctrico instalado en un vehículo debe poder trabajar en los cuatro cuadrantes de par y velocidad:





Ilustración 131. Cuadrantes de par y velocidad



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

- ✓ Cuadrante I. Par y sentido de giro positivos. El comportamiento es como motor. El vehículo circula marcha adelante acelerando.
- ✓ Cuadrante II. Par positivo y sentido de giro negativo. El comportamiento es como generador. El vehículo circula marcha atrás frenando.
- ✓ Cuadrante III. Par y sentido de giro negativos. El comportamiento es como motor. El vehículo circula marcha atrás acelerando.
- ✓ Cuadrante IV. Par negativo y sentido de giro positivo. El comportamiento es como generador. El vehículo circula marcha adelante frenando.

En resumen, las ventajas principales que ofrece un motor eléctrico frente a un motor de combustión interna son:

- ✓ Cero emisiones contaminantes.
- ✓ Niveles mínimos de ruido.
- ✓ Mayor eficiencia energética, en torno a 90%.
- ✓ Posibilidad de generar energía eléctrica a partir de energía mecánica.



Por otra parte, los motores eléctricos utilizados para la propulsión de vehículos deben cumplir con una serie de requisitos como son:

- ✓ Alta densidad de potencia, con el fin de maximizar los ratios “potencia/peso” y “potencia/dimensiones” y, por tanto, minimizar el volumen ocupado por el motor y el peso del vehículo.
- ✓ Buena capacidad de sobrecarga durante breves períodos, lo que le permite hacer uso de picos puntuales de potencia entregada a las ruedas y, por tanto, disponer de alta capacidad para superar pendientes pronunciadas.
- ✓ Alto par motor a bajas velocidades, lo que permite al vehículo acelerar rápidamente durante el arranque.
- ✓ Una gran robustez mecánica y térmica.
- ✓ Amplio rango de velocidades de funcionamiento, incluyendo regiones de par y potencia constantes.
- ✓ Silencioso.
- ✓ Fácil mantenimiento.
- ✓ Bajo costo.

Los motores eléctricos más comúnmente utilizados para entregar potencia a un vehículo eléctrico son el motor de corriente continua, el motor asíncrono o de inducción, el motor síncrono de imanes permanentes, motor de flujo axial y el motor de reluctancia variable.

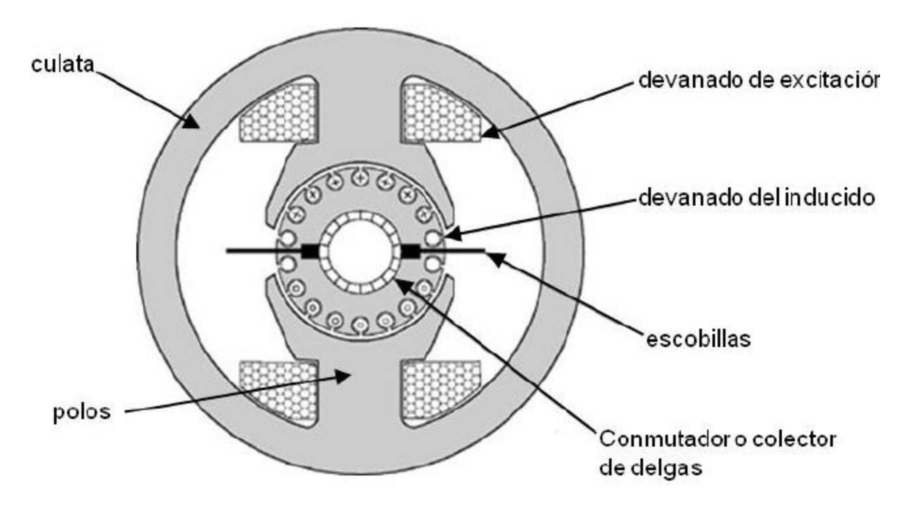
9.3. Motores de corriente continua

En un motor de corriente continua, el estator está formado por una culata, que pertenece al circuito magnético inductor y que realiza la función de soporte mecánico del conjunto. En motores de pequeña potencia, el estator se construye de hierro fundido, mientras que en los de gran potencia se construye con plancha de acero curvada sobre un molde cilíndrico y posteriormente soldada a la base. La culata está perforada en diversos puntos de la periferia para fijar un número par de polos. Las bobinas que los enrollan son las encargadas de producir el campo inductor al circular por ellas la corriente de excitación. El rotor está formado por un núcleo magnético alrededor del cual va el devanado del inducido, sobre el que actúa el campo magnético. Dispuesto sobre el eje del rotor, se encuentra el colector de delgas o conmutador que sirve para conectar las bobinas del inducido con el circuito exterior a través de las escobillas. Las escobillas son unas piezas de grafito que se colocan sobre el colector, transmitiendo la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por tanto, al bobinado del rotor





Ilustración 132. Motor de corriente continua



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Las principales ventajas que presentan son:

- ✓ Excelentes características de potencia/par.
- ✓ Controles de velocidad sencillos.
- ✓ Alta capacidad de sobrecarga/par de arranque.
- ✓ Amplia gama de velocidades.
- ✓ Robustez mecánica.

Sin embargo, presentan los siguientes inconvenientes:

- ✓ Media-alta densidad de potencia.
- ✓ Baja eficiencia.
- ✓ Baja fiabilidad.
- ✓ Alto costo de fabricación.
- ✓ Ocupa bastante espacio.
- ✓ Peso mediano.
- ✓ Poca resistencia térmica.
- ✓ Alto costo de mantenimiento (desgaste de escobillas y anillos).
- ✓ El bobinado del rotor puede limitar la velocidad de giro.

Los motores de corriente continua fueron los primeros tipos de motores que se utilizaron para la tracción de vehículos eléctricos, sin embargo, actualmente han sido sustituidos, en la mayoría de los casos, por los motores de corriente alterna por las ventajas que estos últimos presentan con respecto a los primeros (menor costo de fabricación y de mantenimiento).



Existe otra variante de motores de corriente continua que son los motores de corriente continua sin escobillas o brushless, que los hace más atractivos para su utilización en vehículos eléctricos. Su funcionamiento es muy parecido al del motor síncrono de imanes permanentes, pero con la diferencia de que el sistema electrónico es considerado parte del motor.

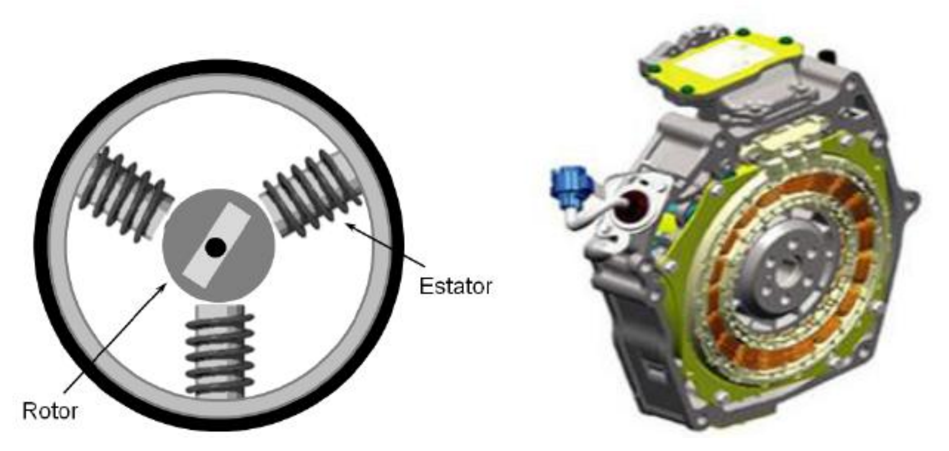
9.4. Motor síncrono de imanes permanentes

Un motor síncrono es una máquina eléctrica que se caracteriza porque el rotor está magnetizado y gira a la misma velocidad que el campo magnético rotativo, velocidad de sincronismo:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad en \ rpm$$

donde f es la frecuencia de la red de corriente alterna a la que está conectada el motor, en Hz, y p es el número de pares de polos. En un motor síncrono de imanes permanentes, el estator consiste de bobinados conectados en estrella. El rotor consta de electroimanes o imanes permanentes que crean un flujo constante en el entrehierro, eliminando así la necesidad del rotor bobinado y escobillas utilizadas normalmente para la excitación en los motores sincrónicos. El par de rotación se produce por la interacción entre el campo magnético producido por las bobinas de estator y el rotor. El motor de imanes permanentes debe ser energizado directamente en el estator por medio de un accionamiento de velocidad variable. Para energizar las bobinas adecuadas de manera que se produzca el máximo par posible en la posición actual del rotor, es necesario conocer cuál es esa posición, para lo que se requiere un sensor de posición angular. La conmutación de las bobinas se realiza mediante un circuito inversor.

Ilustración 133. Motor síncrono de imanes permanentes



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011







Las principales ventajas que presentan son:

- ✓ Alta densidad de potencia.
- ✓ Tamaño del rotor pequeño y alta densidad de potencia debido a la ausencia de conmutadores mecánicos y escobillas.
- ✓ Peso reducido.
- ✓ Alta capacidad de sobrecarga/par de arranque.
- ✓ Bajo coste de mantenimiento.
- ✓ Buena disipación térmica.
- ✓ Control bastante sencillo.
- ✓ Potencia constante en un amplio rango.

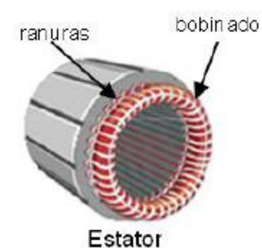
Sin embargo, presentan los siguientes inconvenientes:

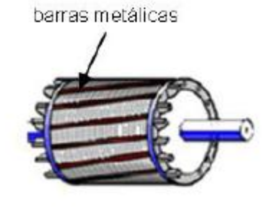
- ✓ Coste de fabricación elevada (requieren de sensores de posición y electrónica de potencia compleja).
- ✓ Baja gama de velocidades.
- ✓ Difícil uso para frecuencias elevadas.
- ✓ A velocidades elevadas, la eficiencia puede reducirse debido al riesgo de desmagnetización.
- ✓ Muy importante mantener la refrigeración.
- ✓ A elevadas velocidades, las pérdidas en el estator pueden ser importantes.
- ✓ Dependencia de las tierras raras

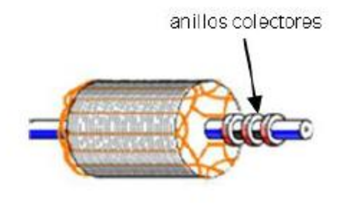
9.5. Motor de inducción

El motor de inducción o asíncrono ha sido uno de los motores más utilizados para la propulsión de vehículos híbridos debido a su robustez, fiabilidad, bajo mantenimiento y coste y la capacidad para trabajar en entornos hostiles. La principal diferencia del motor asíncrono con los demás tipos de motores es que no requiere de un campo magnético en el rotor alimentado con corriente continua. La corriente que circula por uno de los devanados, generalmente situado en el rotor, se debe a la f.e.m. inducida por la acción del flujo del estator, denominándose por este motivo motores de inducción. En este tipo de motores, la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo impuesta por la frecuencia de la red.

Ilustración 134. Motor de Inducción







Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011





El estator está formado por un apilamiento de chapas de acero al silicio que disponen de unas ranuras en su periferia interior en las que se sitúan (p) pares de arrollamientos colocados simétricamente en un ángulo de 120º, alimentado con corriente alterna, de tal forma que se obtiene un flujo giratorio de amplitud constante distribuido sinusoidalmente por el entrehierro.

En la mayoría de los casos, el rotor está formado por una serie de conductores puestos en cortocircuito por dos anillos extremos, formando un devanado que se conoce con el nombre de jaula de ardilla. En este caso, el rotor no tiene conexión con el exterior. Otro tipo de configuración del rotor en un motor asíncrono es el rotor bobinado o con anillos. Normalmente, este tipo de rotor no se utiliza debido a la necesidad de utilizar anillos colectores y escobillas (mayor coste de fabricación y de mantenimiento). Este rotor bobinado o con anillos solo se utiliza en casos de transferencia de mucha potencia, de necesitar un cierto control de la velocidad o un par muy elevado en el arranque mediante el acoplamiento de elementos resistivos.

Los motores asíncronos o de inducción presentan las siguientes ventajas:

- ✓ Económicos.
- ✓ Poco peso.
- ✓ Compactos.
- ✓ Robustez mecánica y térmica muy buena.
- ✓ Requieren poco mantenimiento (motor asíncrono de rotor de jaula de ardilla).
- ✓ Control sencillo.
- ✓ Potencia, par, ruido y eficiencia similares al de los motores síncronos de imanes permanentes.
- ✓ Alta eficiencia.

Sin embargo, presentan los siguientes inconvenientes:

- ✓ Baja densidad de potencia.
- ✓ Ligeramente menor eficiencia a baja velocidad. El motor pierde rendimiento al reducirse la velocidad.

Ilustración 135. Motor de inducción usado en sistemas híbridos



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

9.6. Motor de reluctancia conmutada

Los recientes avances que se han producido en la electrónica de potencia, han permitido que el motor de reluctancia conmutada sea un candidato atractivo para su aplicación en vehículos eléctricos.

El motor de reluctancia conmutada se alimenta de corriente continua y no requiere de escobillas, de conmutadores ni de imanes permanentes. Su constitución habitual presenta una estructura magnética de polos salientes tanto en el estator como en el rotor. En los polos del estator se colocan las bobinas que conectadas en pares diametralmente opuestos, forman las fases del motor, mientras que el rotor está hecho de láminas de acero sin conductores. La corriente es conmutada entre las bobinas de cada fase del estator en un patrón secuencial para desarrollar un campo magnético que gira. El término reluctancia se debe a la resistencia magnética que opone el rotor al campo electromagnético. La generación y posterior conmutación del campo magnético se realiza en los bobinados de los polos del estator a través de la electrónica de potencia conectada al motor. Con la electrónica de potencia (convertidor de corriente y convertidor de frecuencia) se puede influir tanto en el par como en la velocidad de giro del motor.

Ilustración 136. Motor de reluctancia conmutada



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Los motores de reluctancia conmutada presentan las siguientes ventajas:

- ✓ Construcción sencilla y robusta.
- ✓ Control sencillo.
- ✓ Alta densidad de potencia.
- ✓ Alta eficiencia.
- ✓ Amplia gama de velocidades.
- ✓ Posibilidad de disponer de una región amplia de funcionamiento a potencia constante.
- ✓ Tamaño y peso reducido.
- ✓ Alto par a baja velocidad.
- ✓ Muy buena robustez mecánica y térmica.

Sin embargo, presentan los siguientes inconvenientes:

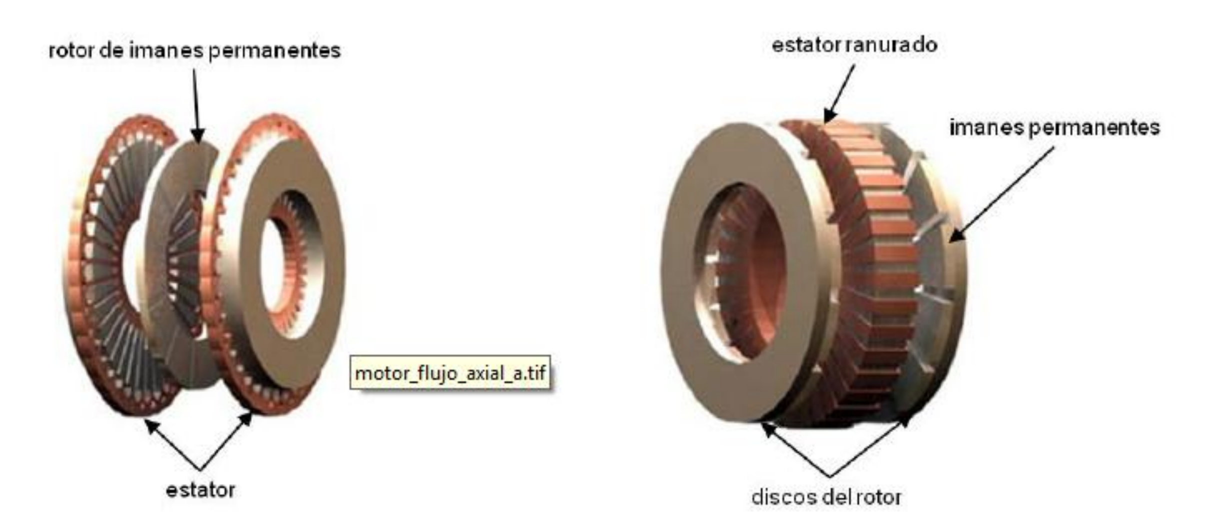
- ✓ Nivel alto de ruido y de vibraciones.
- ✓ Interferencia electromagnética.
- ✓ Elevado rizado en el par motor.
- ✓ Coste elevado.

9.7. Motor de flujo axial

Los motores de flujo axial se caracterizan porque, a diferencia de los motores tradicionales, no presentan un flujo rotatorio radial sino que el devanado inductor crea un campo magnético paralelo al eje axial o eje principal del rotor. En estos motores, el rotor gira entre dos semiestatores magnéticamente activos que crean el campo y poseen grandes superficies polares. La forma de disco permite grandes flujos con pequeño volumen rotórico, lo que va a influir en una disminución del momento de inercia y de la masa del rotor. Esta propiedad de baja inercia da a este tipo de motores un valor añadido como herramienta de posicionamiento.

Existen dos configuraciones principales: un rotor interior de imanes permanentes entre dos devanados del estator y el Torus que utiliza dos rotores alrededor de un estator. Las ventajas que ofrece la primera configuración son una alta densidad de par y equilibrio de fuerzas axiales por lo que los rodamientos del eje no deben más que soportar el peso propio y las fuerzas de inercia.

Ilustración 137. Motores de flujo axial



Fuente: Inspección Técnica de Vehículos Eléctricos, Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA) de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, diciembre de 2011

Las ventajas principales que presentan los motores de flujo axial para su aplicación en vehículos eléctricos son que su elevada densidad de potencia, altos valores de par a bajas velocidades y alta eficiencia permiten que se puedan conectar directamente a la rueda del vehículo. Con ello se consigue eliminar el diferencial reduciendo costos y pérdidas mecánicas.

9.8. Elementos de recarga de las baterías

Los vehículos eléctricos recargan sus baterías a través de la red eléctrica. Existen dos tecnologías principales de recarga de vehículos eléctricos:

- ✓ **Recarga inductiva:** La transferencia de potencia se realiza mediante inducción de corrientes a través de campos electromagnéticos. Es una tecnología que todavía está en fase de desarrollo y que además es menos eficiente. No obstante, tiene la ventaja de ser mucho más segura dado que impide cualquier electrocución.
- ✓ **Recarga conductiva:** La recarga conductiva es la más sencilla, consiste en la conexión directa de la toma de alimentación del vehículo a la red, mediante conductores que permitan elevadas transferencias de potencia y con suficiente protección para el conductor.

Además, se pueden definir tres niveles de recarga en función de la potencia que proporciona el sistema al vehículo.

La carga estándar o carga lenta se efectúa en una conexión monofásica convencional como la que llega a los hogares para los aparatos eléctricos de consumo. Se realiza con corriente alterna monofásica a una tensión de 220 voltios y una intensidad de 15 amperios. El tiempo



necesario para cargar una batería de 10kWh es de 3 horas; 5,5 horas para una batería de 20 kWh, y 11 horas para una batería de 40 kWh. Considerando una potencia máxima instalada de 3,7 kW y el voltaje estándar de 230 V, la recarga consumiría una intensidad de 16 Amperios. Este tipo de carga es apta para garajes privados, ya que, como se ha indicado anteriormente, es la misma tensión y corriente que la doméstica.

La carga semi-rápida está concebida para reducir el tiempo de carga a un intervalo desde 15-30 minutos (para una batería de capacidad 10 kWh) hasta 2 horas (para una batería de capacidad de 40 kWh). La conexión es trifásica, con un voltaje de 400 V y una intensidad de 32 a 68 Amperios, según potencia instalada, que puede ser de 22 a 44 kW.

La carga rápida permite reducir los tiempos de carga a unos minutos, pudiendo rivalizar este lapso de tiempo con un repostaje convencional de combustible efectuado en la actualidad. Para lograr esta mejora se precisa de potencias instaladas de 220-240 kW e intensidades de 250 a 400 Amperios para voltajes de 500 a 600 V, suministrando esta energía en corriente continua.



10. CONCLUSIONES

La movilidad y en particular los medios que la faciliten, son cruciales cuando se presentan fenómenos de concentración demográfica, es por ello que las grandes ciudades y en especial las metrópolis requieren de medios de transporte eficiente, duradero, sostenible ambientalmente y de una infraestructura que ofrezca las condiciones necesarias de calidad para el desplazamiento de los usuarios.

La movilidad es el elemento fundamental para la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, los sistemas inteligentes en el transporte urbano garantizan el derecho fundamental a movilizarse y reducen los impactos negativos, como la contaminación, el ruido o la perdida de espacio urbano.

Es notable la evolución a nivel mundial de algunas ciudades en sistemas de transporte masivo como en tecnologías para el transporte de pasajeros, desde la capacidad de transporte, así como los avances tecnológicos en aras de disminuir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente que ayudan a solucionar la problemática del calentamiento global.

En cuanto a los modos de transporte, la combinación de tecnologías, redes y subsistemas de transporte han permitido tener ciudades más dinámicas y amigables con el medio ambiente.

Los trolebuses alrededor del mundo superan los 40.000 vehículos, con operación en más de 364 ciudades de 47 países a nivel mundial. En algunas ciudades, estos sistemas han sido modernizados a medida que la tecnología ha mejorado; esto como resultado de las dificultades que representa la sustitución de éstos por otro medio de transporte; tales como, altos precios del combustible, daño medio ambiental, problemas financieros son factores que favorecen el sistema de trolebús moderno.

Actualmente en algunas ciudades a nivel mundial y en especial en Europa y Asia se han incorporado en la operación de transporte los sistemas híbrido y eléctrico a baterías permitiendo avances significativos en cuanto al ahorro de combustible, así como en la disminución de contaminantes al medio ambiente. El GNV (Gas Natural Vehicular) en el transporte de pasajeros toma gran fuerza en países con gran afluencia de personas como India, Corea, China, España y Estados Unidos.

Los sistemas de transporte con tecnología diésel son los más utilizados a nivel mundial a pesar de la afectación al medio ambiente de gases contaminantes, aunque es preciso anotar que en el presente y futuro inmediato los motores diésel han evolucionado gracias a los aportes de la ingeniería en el mejoramiento en los sistemas de combustión y tratamiento de los gases emitidos; disminuyendo de gran manera el aporte de material particulado y emisión de gases contaminantes al ambiente.

Todos estos avances significativos aportan a las ciudades y sus habitantes sistemas de transporte cada vez más eficientes rápidos y seguros mejorando la calidad de vida, además







es relevante que las grandes ciudades del mundo orientan el transporte masivo de pasajeros hacia nuevas tecnologías sostenibles con el medio ambiente.

Finalmente, la ciudad tiene una oportunidad importante de inclusión de tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta en el componente troncal, dada la terminación de las concesiones actuales de fase I y II; cumpliendo de esta manera con la política pública de inclusión de energías más limpias en el sistema de transporte público.

11. RECOMENDACIONES

La información técnica entregada por los proveedores de buses y tecnología automotriz de bajas emisiones y la información técnica que se encuentra en el banco de datos del ente gestor, evidencia que los proveedores ofrecen productos para el transporte de pasajeros en tecnologías como Diésel, Híbrida (Diésel- Eléctrico), Trolebús y Eléctrica a baterías; algunos de estos proveedores poseen amplia experiencia en la operación de vehículos en distintas ciudades del mundo como Tokio, los Ángeles, Shanghái, Barquisimeto, Quito, México, Santiago de Chile, Sao Paulo, Vancouver, New York, Pekín, entre otras.

A partir de esto se realizó una matriz de comparación de tecnologías ofrecidas por los diferentes proveedores con fin de evaluar criterios de cumplimiento de las características técnicas y físicas de los vehículos exigidos en el Manual de Operación y las normas técnicas que exige el ente gestor para ser aplicadas a los vehículos de transporte masivo en la ciudad de Bogotá. Este ejercicio deberá realizarse nuevamente una vez se tenga información que en avances tecnológicos en tecnologías de cero o bajas emisiones que se desarrollan a nivel mundial

Tecnologías como el sistema con catenaria, eléctrica batería y gas que se encuentran en operación actualmente en ciudades como: Shanghái, Sao Paulo, Caracas y Quito etc, se encuentran en etapas de evolución tecnológica en pro de conseguir mayores beneficios y eficiencia de las mismas. Se recomienda profundizar en estos nuevos desarrollos y su posible aplicación en el sistema de transporte de ciudad.

En cuanto autobuses con capacidad de más de 150 pasajeros en tecnologías como eléctrico batería e hibrida se encuentran en proceso de evolución tecnológica y representan una oportunidad de implementación de este tipo de tecnología en el sistema de transporte masivo de la ciudad en la fase de movilidad limpia troncal.

Se evidencia que en la información suministrada por los diferentes proveedores de tecnologías de cero o bajas emisiones (híbridos, eléctricos batería, trolebús, diesel, gas GNV) no cumple con algunos apartes exigidos por el ente gestor en el Manual de Operaciones referente a la tipología de los vehículos concerniente a la carrocería, por lo que se recomienda realizar las diferentes pruebas exigidas en la Guía Metodológica para la realización de pruebas de autobuses de cero o bajas emisiones, con el fin de establecer los







requerimientos del ente gestor para la adecuada prestación del servicio de transporte de la ciudad.

Para lograr la implementación de las tecnologías de cero o bajas emisiones en el sistema masivo de pasajeros de la ciudad se debe realizar un trabajo conjunto con los proveedores para obtener una capacitación adecuada en el mantenimiento y operación de las nuevas tecnologías. Así mismo se recomienda que los proveedores de tecnologías eléctricas a baterías coadyuven al ente gestor en capacitación técnica para profundizar sobre esta tecnología debido a que los beneficios ambientales al implementar esta misma son mayores comparados a otras tecnologías; pero a su vez se hace necesario que esta tecnología sea flexible y no llegue a limitar la operación.

Para profundizar en la adquisición de conocimiento en las tecnologías con mayores beneficios ambientales se recomienda que el ente gestor promueva en su personal y en especial al grupo que lidera el Plan de Ascenso Tecnológico-PAT de la Dirección Técnica de Modos Alternativos de TRANSMILENIO S.A., la realizaci visitas técnicas a otras ciudades con operación de tecnologías de cero o bajas emisiones con el ánimo de afianzar el conocimiento que viene adquiriendo y de esta manera observar el comportamiento de las nuevas tecnologías que se encuentran en desarrollo y operación.

Finalmente, se recomienda retomar la evolución comparativa entre las diferentes tecnologías y los parámetros operacionales de la ciudad con estudios técnicos operacionales de tal modo que se determine cuál es la tecnología más adecuada para operar el sistema troncal de TransMilenio, dadas las condiciones de flexibilidad y eficiencia que se deben garantizar para poder prestar el servicio con la misma magnitud o mayor capacidad de demanda.



ANEXO 1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL DE UNA SUBESTACIÓN RECTIFICADORA.

En este capítulo se consideran las especiaciones más relevantes para las subestaciones de tracción de la ciudad de México D.F. y que se relacionan a continuación:

MANDO A DISTANCIA

La subestación de rectificación deberá contar con mando y supervisión a distancia con un conmutador “Local – Distancia”. El proveedor incluye el equipo necesario para la integración del mando centralizado TE-14, constituido por: Torre y antena, cables de transmisión, equipo TE-14, módems y transductor de telemedidas, gabinete y relés de presencia de tensión, etc.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

Se proveerán accesos interiores para dar servicio de mantenimiento e inspección a todos los componentes. Los componentes principales serán:

- ✓ Tablero de corriente continua.
- ✓ Seccionadores manuales positivo y negativo.
- ✓ cargador y banco de baterías.
- ✓ Gabinete de control.
- ✓ Equipo de mando a distancia.
- ✓ Gabinete de alta tensión 23 Kv, tipo intemperie.
- ✓ transformador de potencia
- ✓ transformador auxiliar.
- ✓ banco rectificador.
- ✓ Interruptor ultrarrápido principales e interruptores ultrarrápidos derivados.

Los componentes antes indicados podrán ser ubicados en cuartos construidos de lámina de acero calibres de 12 y 14 AWG, montado en una plataforma de concreto. La que el cual el proveedor diseñara, construirá, trasladara, instalara y pondrá en servicio. Teniendo en cuenta al menos los siguientes lineamientos:

La estructura

Estará aterrizada, cumpliendo con las normas eléctricas aplicables.

El piso de la estructura

Debe cumplir con las especificaciones de las cargas y requerimientos individuales de cada uno de los equipos que proponga en proveedor. En el caso del rectificador, interruptor





principal y los derivados estará cubierto en material que permita el aislamiento que el diseño del proveedor proponga

Dimensiones

Las dimensiones del contenedor deberán cumplir con los estándares mínimos de la industria y normas vigentes en la fabricación del contenedor.

Iluminación

Se utilizará iluminación fluorescente ahorradora de energía, tanto para la iluminación normal, como la de emergencia. Para la iluminación exterior se utilizaran lámparas de vapor de sodio con protecciones a prueba de vandalismo. Las cuales se fijaran al exterior de la estructura, malla o barda perimetral.

Lámparas de emergencia

Se propone que la iluminación de emergencia utilice las baterías de la subestación en casos de fallo de la energía eléctrica y estén equipadas con interbloqueo con las lámparas de la subestación.

A prueba de intemperie

La puerta, los paneles removibles, las uniones, las paredes, el techo, el piso, las ventilaciones y las rendijas serán a prueba de intemperie en condiciones de viento, lluvia, inundaciones, etc.

Acabado

El exterior de la estructura recibirá pintura permanente anti-grafiti.

Puertas

Las puertas de entrada a la subestación se propone que estén en ambos extremos de la Subestación y estarán provistas de cerraduras y topes.

Ventilación

Se proveerá de reguladores de ventilación controlada con amortiguadores de contracorriente, controlados por termostato, montados en la pared.
Los componentes ya ensamblados para operación no deben tener aberturas que permitan la entrada accidental de objetos. El arco eléctrico producido en operaciones normales y de extinción de falla debe controlarse de tal forma que no ponga en peligro al personal, equipos, estructura de la subestación ni al acabado de la misma.
Todos los aparatos, tableros, fusibles, etc., tendrán su placa de identificación en idioma español, de acero inoxidable con superficie mate y letras negras, fijadas con remacha pop.

Deben proveerse dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas de los rectificadores y los interruptores de circuitos de alimentación de CA y CC.

Equipos de alta tensión

El nivel de aislamiento requerido para las celdas de alta tensión es el estandarizado por la compañía que preste el servicio de distribución de energía eléctrica. Los equipos que forman el mecanismo de desconexión de Corriente Alterna, estarán alineados al frente en gabinetes independientes, el ensamble del interruptor será del tipo de cubierta metálica blindada.
Todo el mecanismo de desconexión, incluyendo los interruptores de circuito al vacío, medidores, relevadores, etc., serán completamente probados en fábrica y los interruptores de la misma capacidad serán 100% intercambiables.

Celda para alojar acometida

Una celda del gabinete de alta tensión o media tensión, alojara los equipos de medición de la Compañía de, conteniendo las cuchillas de medición o prueba requeridas, transformadores de instrumento y cuchillas seccionadoras.
La estructura deberá soportar sin daño los esfuerzos mecánicos producidos por una corriente de corto circuito de hasta 23 Kamp simétricos. La potencia de corto circuito en la red de la Compañía de suministro de energía eléctrica es de 500 MVA; y se considera que pueda existir en el punto de acometida de 23 Kw

Estructura estacionaria

El mecanismo de desconexión será ensamblado para formar una estructura rígida, auto soportado en lámina calibre 12 AWG, con cubiertas y separaciones metálicas de lámina de acero calibre 14 AWG, entre las unidades de interrupción. Para evitar acumulación de agua en el techo deberá existir una pendiente mínima de 2%. Los compartimientos serán como mínimo los siguientes:

- ✓ Instrumentos de control, medición y protecciones
- ✓ Celda para acometida de Luz y Fuerza del Centro
- ✓ Interruptor de circuito de CA
- ✓ Barras conductoras principales
- ✓ Transformadores de corriente y de potencial
- ✓ Transformador para servicios propios (auxiliares)
- ✓ Cables MT, BT y control

Compartimiento de cables

Estos alojarán el cableado aislado para alta tensión, tanto de llegadas, como de salidas del tablero, los cables se conectan por medio de terminales (conos de alivio) y zapatas

aplicadas sobre el conductor a compresión para su conexión a los buses de cada fase, de acuerdo al diseño del proveedor.

Compartimiento del interruptor de circuito de C. A.

En una celda se debe contener los pararrayos de 23 Kw, cuchillas seccionadoras trifásicas generales de 23 Kw, 400 amperios de operación de grupos sin carga, transformadores de potencial y de corriente, cuchillas seccionadoras de operación sin carga para alimentación del interruptor principal y cuchillas puesta a tierra.
El compartimiento del interruptor de circuito estará diseñado para alojar un interruptor de vacío para 23 Kv, que se extrae horizontalmente. Los contactos estacionarios de desconexión primaria serán construidos de cobre con un baño de plata. Todos los contactos movibles y resortes serán montados en el interruptor donde puedan ser inspeccionados fácilmente.

Puertas y panel interiores

Los relevadores, medidores, instrumentos, interruptores de control, etc., se montarán en un panel con bisagras para cubrir el frente. El compartimiento de cables tendrá un panel desmontable.

Compartimiento de barras o buses de alimentación

Será fabricado en perfiles de lámina de acero, diseñado para lograr una alta resistencia mecánica, estará separado y aislado por barreras metálicas de placa de acero pintadas calibre 14 AWG o la resultante del proyecto. Este compartimiento constará de secciones con acceso por la parte posterior del tablero y cubiertas por placas de acero atornilladas y desmontables.

Interruptores de circuito

En una celda estará alojado un interruptor para 23 Kw 1200 Amperios y 500 MVA de capacidad interruptora al vacío, Tipo de operación de electromagnética por solenoide. Relevadores de protección de mediana tensión. Todos los interruptores de circuito de igual capacidad deberán ser completamente intercambiables. El interruptor de circuito deberá operar por medio de un mecanismo de energía almacenada, el cual se cargará normalmente con un motor universal, pero también deberá poder cargarse con una palanca manual para cierre de emergencia o de prueba.
El mecanismo deberá estar arreglado de tal forma que la velocidad de cierre y apertura de los contactos sea independiente, tanto del voltaje de control como del operador manual. El interruptor de circuito es trifásico y deberá equiparse con contactos secundarios desconectadores, los que se conectan automáticamente en las posiciones de operación y prueba para completar el circuito.

Alambrado de control

El calibre del cableado del mecanismo de desconexión debe ser 14 AWG, 600 V, excepto donde se requiera un calibre mayor. El mecanismo de desconexión estará provisto con tablillas de terminales para las conexiones de control de salida. Todo el cableado tendrá terminales tipo ojillo, solamente se aceptará un solo cable y terminal por borne de conexión, de requerirse más de una conexión, deberán utilizarse los bornes adyacentes interconectados por puentes.

Transformadores de instrumentos

Los transformadores de corriente deberán ser según cálculo de coordinación de protecciones e instrumentos de medición necesarios. Los transformadores de corriente, serán del tipo dona y las dimensiones serán de acuerdo al resultado del cálculo.
Los transformadores protectores de potencial deberán ser, según cálculo de coordinación de protecciones e instrumentos de medición necesarios.

Contenedor del mecanismo de desconexión de Corriente Alterna

El interruptor principal trifásico en vacío para interior extraíble de 23 Kw nominal, tensión máxima de 50 Kw, tensión máxima de impulso de 95 Kw, frecuencia de operación de 60 Hz, Capacidad interruptora de 500 MVA, corriente nominal de 1,200 Amp. Corriente máxima durante 3 segundos de 25 KA, corriente máxima de corto circuito de 31.5 KA, tiempo de apertura de 45 ms y tensión de control de 127 VCD

Transformador para servicios auxiliares

Celda conteniendo cuchillas de operación con carga y fusibles, para proteger el transformador de servicios propios. El transformador deberá ser calculado, para la distribución de la energía en baja tensión de los circuitos eléctricos de los servicios auxiliares, por lo que contará con las características mínimas siguientes:

- ✓ Potencia 15 KVA o mayor.
- ✓ Tensión primaria nominal 23 Kw.
- ✓ Tensiones secundarias nominales 120/220 Vca
- ✓ Número de fases (3 fases).
- ✓ Frecuencia 60 Hz

Barras y conexiones

Tanto las barras y conexiones principales así como las derivadas, serán de cobre electrolítico de alta conductividad con capacidad de 1200 Amp, 23 Kv. Las barras y conexiones se proporcionarán para conducir en forma continua la corriente indicada. Las conexiones y uniones de barras y derivadas, se proporcionarán plateadas y serán fijadas con tornillos. Las barras estarán aisladas por medio de resina y barniz rojo de alta

adherencia, resistente al impacto, retardante a la flama y de baja emisión de humos. Las barras y conexiones principales estarán soportadas por aisladores de porcelana o resina, con nivel de aislamiento y resistencia mecánica de corto circuito de hasta 23000 amperios simétricos y 23 Kw.

Instrumentos y medidores

Los instrumentos y medidores estarán de acuerdo a estándares nacionales e internacionales. Los amperímetros y voltímetros deben ser de tipo conmutador con escala de 250°, las cajas deben ser a prueba de polvo y cubierta con ventanillas no reflejantes. Conectados por la parte posterior, con caja acabada en color negro mate y carátula blanca con números negros. Los instrumentos serán adecuados para operar con transformadores de corriente de 5 Amp o 120 Vca en el secundario.

Banco Rectificador

La subestación contará un banco de rectificación, estará contenido en un gabinete metálico auto soportado. Deberá estar completo, con sus auxiliares, controles, ductos para cable, herrajes necesarios, cableado y dispositivos de protección.
Todas las partes de la unidad del rectificador, así como sus conexiones, terminales y barras deberán diseñarse para soportar las fallas máximas de corto circuito sin que se dañe, por el periodo de tiempo para que el interruptor de circuito abra y elimine la falla.
El rectificador deberá enfriarse por convección natural, adecuado para servicio interior y para el ciclo de trabajo indicado, cada unidad del rectificador deberá ser una unidad completa auto contenida, incluyendo todas las conexiones de las barras y herrajes desde la brida de salida del transformador a la brida de conexión de las barras al interruptor de corriente continua.
Cada rectificador deberá ser un ensamble operativo consistente en diodos de silicio, fusibles de protección y todos los accesorios necesarios para su operación. Deberán suministrarse conexiones de brida adecuadas, incluyendo empaques para evitar la entrada de humedad.
Todas las lecturas, controles u observaciones, deberá ser posible realizarlas sin exponerse a partes energizadas. Los materiales se seleccionarán para evitar la posibilidad de corrosión o acción galvánica que interfiera con la operación correcta o con la apariencia, durante la vida útil del equipo. Los materiales usados para las cajas de los diodos, pernos y disipadores de calor deben ser similares y completamente compatibles.
El rectificador será de 2000 Kw, y 600 Vcc en las terminales de salida. Se diseñará para soportar sobrecarga de 150% durante dos horas y de 200% durante un minuto (aún después de una sobrecarga de 150% durante dos horas) sin que sufra daño ningún componente de la subestación.
Termostatos de protección para sobre temperatura, así como relevador detector de corriente inversa y relevador detector de fuga de corriente a estructura metálica. Equipado con voltímetro y amperímetro a la salida de corriente directa. Por seguridad deberá estar contenido en un contenedor metálico cerrado.



Relevadores de protección

Los relevadores de protección deberán ser de estado sólidos y deberán ser del tipo desmontable para ajuste o calibración; tendrán interruptores de prueba integrales. Su caja será a prueba de polvo y de alto impacto, se suministrarán con perillas de ajuste manual y unidades de sello. Deben ser accesibles y ajustables desde el frente del relevador.

Acabado

Todas las partes de la estructura deberán ser fosfatadas y pintadas con esmalte, resistente a la corrosión.

Capacidades.

El rectificador será de una capacidad nominal de 2000 KW, 600 Vcc.

Protección de impulso.

La unidad de rectificación debe equiparse con supresores de voltaje de impulso para limitar el voltaje inverso a través de los diodos dentro de los límites del voltaje de pico inverso, independientemente de que el pico de voltaje transitorio aparezca en el lado de corriente alterna o de corriente continua. Los supresores de voltaje de impulso consistirán de una red capacitor-resistor y se conectarán convenientemente para reducir la magnitud del voltaje de impulso de la línea.

Diodos

Los diodos serán del tipo sellados herméticamente, con capacidad de corriente de 2000 A RMS cada uno o lo que resulte del diseño y estarán dispuestos de forma práctica para ayudar a balancear las características eléctricas normales y de impulso de cada fase. Para todo el arreglo deberá usarse un solo tipo de diodo. El rectificador deberá ser capaz de soportar las sobrecargas especificadas y las cargas de cortocircuito aun con un diodo en paralelo, fallado o removido de cada fase sin que se exceda la temperatura de junta límite en los diodos activos. Cada diodo será capaz de soportar un voltaje de pico inverso repetitivo de 2200 V a su máxima temperatura de operación durante los periodos de bloqueo sin que haya cambio permanente en las características del diodo.
El rectificador deberá diseñarse para mantener al balance de corriente entre los diodos conectados en paralelo en cada fase. Este esquema de balance de corriente mantendrá la corriente individual de cada diodo dentro de su capacidad, bajo todas las condiciones de carga y sobrecarga. El balance de corriente no se realizara por el uso de diodos seleccionados iguales, sino usando un reactor o elementos semiconductores apropiados.
Cada diodo deberá protegerse con un fusible limitador de corriente, el fusible desconectará al diodo en caso de falla y protegerá los otros componentes del rectificador. Los fusibles serán de tal capacidad que podrán soportar una falla de corriente continua externa en las condiciones de carga especificada, mismos que deberán confirmarse por el proveedor mediante memoria de cálculo.







Cada diodo tendrá la capacidad de conducción de corriente 2000 amperios RMS y 2200 V de pico inverso montados en disipadores de aluminio para enfriamiento por convección natural y protegidos por circuitos R.C. contra transitorios de conmutación y fusibles rápidos con testigos para actuar la alarma al dañarse un diodo y actuar el interruptor principal al dañarse dos o más diodos. Termostatos de protección para sobretemperaturas, relevador detector de corriente inversa y relevador detector de fugas de corriente a estructura metálica.

Barras y conexiones del rectificador

Las barras del rectificador deberán ser de cobre electrolítico, alta conductividad eléctrica y alta calidad. Las barras estarán adecuadamente soportadas entre sí y al gabinete con aisladores de porcelana o resina con nivel de aislamiento y resistencia mecánica capaz de soportar en forma segura las corrientes de corto circuito sin que se dañen o afecten al gabinete. Las conexiones de las barras deberán ser atornilladas. Todas las conexiones y uniones de cobre deberán tener un baño de plata. Las conexiones de las barras en las terminales del equipo deberán ser plateadas de fábrica. Las terminales negativas de corriente continua de cada sección del rectificador deberán conectarse al seccionador de desconexión negativa. Las terminales positivas del rectificador de corriente continua deberán conectarse al seccionador de desconexión positivo antes del interruptor correspondiente.

Gabinete del rectificador

El gabinete estará formado por una estructura de acero rígida, auto soportado, de lámina calibre 12 AWG con todos los miembros principales unidos por soldadura. Las tapas y puertas serán construidas en lámina calibre 14 AWG y deberán tener aberturas protegidas, para proporcionar una adecuada ventilación a los componentes. Debe disponerse de acceso conveniente para mantenimiento normal e inspección. Deben suministrarse ventanillas en las puertas de acceso para facilitar la inspección visual de todos los componentes y proveerse dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas de los rectificadores, para que los interruptores se disparen cuando las puertas se abran y evitar que cierren cuando las puertas estén abiertas.

Aparatos de protección y medición del rectificador

Todas las protecciones deberán coordinarse para evitar falsos disparos o mala operación. Los relevadores y aparatos deberán suministrarse para montaje semiembutido. Deberá tener un voltímetro y amperímetro intercambiable en salida en corriente continua.
Todas las bases de los aparatos estarán aisladas eléctricamente entre sí, el rectificador deberá suministrarse con aparatos para proteger todo el equipo y asegurar la continuidad de la operación.
Los aparatos de protección y señalización no se limitarán a los aparatos indicados en esta especificación y se deberán incluir todos los necesarios para una correcta operación.
Deben proveerse contactos en los aparatos de protección para permitir la indicación de una señal o alarma remota donde se requiera.







Carga inactiva

Se requiere evitar el excesivo alto voltaje al tenerse una condición de cero carga, por lo debe proveerse de una resistencia inactiva de fuga que se conectará como carga, en ausencia de ésta.

Transformadores de potencia

Será diseñado para trabajar con rectificadores de corriente continua a 600 V en corriente continua. Podrán ser tipo seco o sumergido en aceite. Sin embargo deben cumplir con lo siguiente:

- ✓ Con capacidad mínima de 2,225 KVA, 23KV/472 VAC, 60 Hz, 3 fases.
- ✓ Conexión estrella/delta.
- ✓ Con enfriamiento natural.
- ✓ Diseñado para alimentar al puente rectificador

Capacidad para soportar sobrecargas de 1.5 veces la corriente normal (In), durante 2 horas y 2 veces la corriente nominal durante un minuto sin exceder los límites de temperatura.

- ✓ Equipado con indicador y protección de temperatura.
- ✓ Equipado con indicado y protección de nivel de aceite (de ser el núcleo sumergido en aceite).
- ✓ Protección bucholz (de ser el núcleo sumergido en aceite).
- ✓ De ser el núcleo sumergido en aceite, se montara sobre una base de concreto, con fosa para contener posibles derrames de aceite de enfriamiento

Las características antes indicadas no serán limitativas, ya dependerán del proveedor que resulte ganador, por lo que deberá complementarlas según el diseño del transformador de potencia.

Interruptor principal ultrarrápido (UR)

El interruptor principal ultrarrápido (UR), estará en un compartimiento independiente y debe ser monopolar extraíble con cierre eléctrico con mando a distancia y manual, para un voltaje de 900 Vcc, y corriente de 6000 Amperes corriente continua. Equipado con sistema de disparo de corte por sobre corriente y corto circuito de alta velocidad, con contactos auxiliares para señalización y mando a distancia.

- ✓ Mecanismos de cierre y desenganche electromagnético por solenoide.
- ✓ Sensor electrónico de intensidad de corriente y de velocidad x de incremento (di/dt)
- ✓ Mecanismo de disparo por falta de alimentación de control.
- ✓ Mecanismo de Operación con capacidad de 50000 operaciones por minuto.







Interruptor manual

Dos seccionadores monopolares manuales de corriente continua, para las barras de salida polaridad positiva y negativa, con capacidad nominal de 6000 amperios, tensión de servicio de 1800 Vcc, operación sin carga, protección de apertura y cierre con bloqueo de mando y contactos auxiliares para señalización.

Interruptores ultra-rápidos (UR) derivados de corriente continua

Descripción: El contenedor de los interruptores derivados, deberán integrarse con cinco gabinetes independientes, para servicio interior, alineados, con puertas al frente y cubierta metálica. Sus conexiones, las tablillas de terminales para circuitos de control y protección, los relevadores de protección y auxiliares, los circuitos de control, el cableado y todos los aparatos necesarios para tener el ensamble completo y operable.

Gabinete de interruptor derivado

Cada gabinete deberá ser de una estructura de acero rígida auto soportada y autocontenida de acuerdo a la norma ANSI C37.20, según se aplique y a los requerimientos indicados. El gabinete del interruptor deberá ser adecuado para acomodar los interruptores de corriente continua, las superficies del gabinete expuestas a arcos o gases ionizados, deben protegerse con un material aislante, resistente a la flama.
Para acceso frontal a los interruptores de circuito, instrumentos y tablillas terminales deben suministrarse puertas con bisagras, de lámina metálica calibre 12 y reforzarse adecuadamente contra deformaciones. Las bisagras deben ser de uso pesado.

Interruptores de circuito derivado corriente continua

Monopolar con cierre eléctrico y manual, para soportar voltajes de 900 Vcc, nominales de 600 Vcc y corrientes de 4000 Amperios. La subestación debe estar aislada de los cables de alimentación positiva, por medio de los interruptores de circuito, los cuales deberán ser de tipo removible con mecanismos de bloque, arreglados para moverse físicamente entre las posiciones conectado, prueba y desconectado, provistos de ruedas aislantes, carriles y manijas de maniobra:

- ✓ Equipado con sistema de disparo de corte por sobrecorriente y corto-circuito de alta velocidad.
- ✓ Sensor electrónico de intensidad de corriente y de velocidad de incremento (di/dt).
- ✓ Mecanismos de disparo por falta de alimentación de control.
- ✓ Mecanismos de operación con capacidad de 50000 operaciones.

Las características mínimas que deberán cumplir los interruptores de CC son:

- ✓ Deberán ser de operación extrarrápida, para 900 Vcc y 4000 Amperios.







- Cada interruptor de circuito deberá tener un sistema para amortiguamiento dirección y extinción de arco eléctrico, consistente de cámaras para encajonar los contactos principales y dirigir la apertura del arco hasta su extinción.
- Las superficies de contacto de los miembros móviles y fijos deberán ser de una aleación de plata no soldable o equivalente, que combine de alta conductividad y resistencia al arco.
- Los elementos removibles del mismo tipo y capacidad deberán ser físicos y eléctricamente intercambiables.
- Cada interruptor de derivado deberá tener un aparato de disparo por medio de shunt, con el equipo de control auxiliar necesario. Los interruptores deben ser operados eléctricamente en forma manual y a distancia, con disparo libre eléctrico y mecánico sin rearmado, de cierre y apertura rápida, con mecanismos que aseguren la presión de contacto completa hasta el tiempo de apertura. Los mecanismos de cierre tipo solenoide deben conectarse de tal forma que después de un cierto tiempo se elimine el voltaje de control a las bobinas de cierre. Si sucede que el interruptor no cierra o el circuito de control no se abre, se inicia una secuencia de disparo que abre el circuito de control de cierre y restablece todos los relevadores de secuencia a su posición normal.
- Los mecanismos motorizados de operación deberán abrir y cerrar correctamente el interruptor en el rango de voltaje y corriente especificados.
- En cada interruptor derivado deberá proveerse de un interruptor de control para que, estando el interruptor de circuito en la posición de prueba, se pueda eléctricamente cerrar y disparar, sin embargo el circuito de recierre (1500 VCC) debe quedar desconectado en las posiciones de prueba.
- Cada interruptor de derivado deberá proveerse con medios mecánicos para dispararlo manualmente cuando este en las posiciones prueba o conectado. Esta función debe efectuarse con la puerta cerrada y/o el carrito en su contenedor, señalizándose cuando el interruptor de derivado este en la posición abierto o cerrado.
- Cada interruptor de derivado deberá proveerse con un contador de cuatro dígitos, no reajustable, para registrar las operaciones de disparo.
- Deben hacerse previsiones para que cada interruptor se pueda mover a las posiciones: conectado, prueba y abierto:
- En la posición conectado los elementos de desconexión primaria (fuerza) y secundaria (control), estarán haciendo contacto total y el interruptor estará en la posición de operación normal
- En la posición de prueba los elementos de desconexión primaria (contactos de dedos cortos) estarán abiertos y separados a una distancia segura, los elementos del circuito de control (contactos de dedos largos) o de desconexión secundaria estarán haciendo contacto total.
- En la posición desconectada, ambos elementos de desconexión primaria y secundaria estarán abiertos y separados a una distancia segura. Debe proveerse una protección mecánica para evitar que el interruptor de circuito entre o salga de la posición conectado cuando los contactos móviles del interruptor estén en la posición cerrada.







- ✓ Debe proveerse de un indicador que muestra la localización de las posiciones conectado, prueba y desconectado. Cada compartimiento del interruptor de circuito debe ser provisto con protección mecánica, la cual evitara que el interruptor de circuito cierre manualmente a menos que el interruptor este en posición de prueba o desconectado.
- ✓ El interruptor de derivado se protegerá para que cierre eléctricamente solamente cuando el aparato este en la posición conectado, con los contactos de desconexión primaria y secundaria con contacto total y la puerta del compartimiento totalmente cerrada con pasador. Lo anterior se cumplirá para la posición de prueba, solamente que los contactos de desconexión primaria de dedos cortos estarán desconectados.

Barras y conexiones de barras

Las barras alimentadoras de los interruptores deben ser de cobre rígido, de alta conductividad eléctrica, deberán soportar las sobrecargas que se especifican sin exceder la elevación de temperatura permisible indicada en las normas ANSI e IEC, asimismo, deben ser de la longitud total del ensamble del tablero y sus conexiones deben ser suficientemente fuertes para soportar todos los esfuerzos térmicos y mecánicos asociados con las corrientes máximas de corto circuito.
El arreglo de barras interconecta cada gabinete de interruptor mediante una conexión atornillada y terminará en ambos extremos en un block dispuesto para conectarse al suministro de energía en 600 voltios en corriente continua proveniente del rectificador. Las barras de alimentadoras en 600 voltios en corriente continua pueden ser desnudas; excepto donde los claros sean dos pulgadas (5 cm) o menores, donde llevará aislamiento. De acuerdo al diseño del proveedor.
Las barras colectores se montarán con aislamiento tipo manzana y/o aisladores tipo poste suficientemente fuerte para soportar sin daño o distorsión permanente todos los esfuerzos producidos por la corriente de corto circuito máxima posible.
Cada junta debe tener una conductividad por lo menos igual a la de las barras colectoras y cada junta debe asegurar que no ocurra pérdida de conductividad durante la vida del tablero.
Todas las conexiones a las barras alimentadoras deben ser atornilladas, los pernos deben ser con baño de cadmio o cobrizados de acero de alta resistencia en suficiente cantidad y tamaño para la aplicación. Las juntas llevarán roldanas planas estriadas (autofrenadas), de presión y tuercas de alta resistencia, en cada perno, también con baño de cadmio

Dispositivos de protección y medición

Se deben proporcionar los medidores, instrumentos y circuitos de relevación, alambrados y conectados.

1. Arreglo y montaje. Los aparatos deberán estar arreglados para que sean accesibles convenientemente y fácilmente visibles. Todos los dispositivos en la cara del tablero deberán montarse semiembutidos en las puertas y/o paneles.





2. Dispositivos de protección contra corriente inversa. Cada interruptor de CC estará provisto con un dispositivo de actuación directa, el cual dispara al interruptor al presentarse cualquier corriente sustancial que fluya en sentido inverso y que pudiera dañar al rectificador.
3. Dispositivos de protección contra sobre corriente. Cada interruptor derivado de alimentación de corriente continua, deberá proveerse con un relevador de cuatro funciones:

- Disparo por sobre corriente instantánea de acción directa.
- Unidad de disparo por sobre corriente de tiempo corto.
- Unidad de disparo por sobre corriente de tiempo largo.
- Unidad de disparo por sobre corriente por rapidez de elevación di/dt, la cual deberá discriminar entre corrientes de corto circuito remotos y la corriente de arranque de los trolebuses.

4. Medición de carga.

- La subestación debe contar con la medición automática de la situación de la carga de la línea para proteger contra el cierre de un interruptor en una línea fallada.
- Cada circuito de medición de carga y el mando de cierre debe controlar separada e independientemente a su respectivo interruptor.
- En caso de que un interruptor en operación normal se dispare, enviará señal indicadora de alarma, y si aun con la operación del circuito de cierre permanece abierto, el circuito de control bloqueará al interruptor y deberá requerirse restablecimiento local o de mando a distancia.
- Deben implementarse enclavamientos después del cierre automático en los cinco interruptores derivados, sujetos al control de medición de carga de cada interruptor en forma independiente.

5. Protección de tierra del tablero de corriente continua y rectificadores. El tablero de corriente continua y rectificadores deberán situarse en un área confinada. Necesariamente se dispondrá de acceso alrededor de los mismos. No habrá conexiones a la red subterránea de tierras, garantizando el total aislamiento de estos componentes para lograr la condición de “negativo flotante”.

6. Medición. Se proveerá un sistema de transductores que permitan, en cualquier momento, obtener los valores de voltaje y corriente entregados por cada interruptor de salida en corriente continua, mostrándose las lecturas en el display del panel mímico y en el mando remoto ubicado en el Puesto de Despacho de Carga PDC, con intervalos máximos de un segundo entre lecturas

Red de tierras

Se instalara la red de tierras de acuerdo al cálculo que resulte del proyecto, para que se aterricen todos los equipos. Los gabinetes deberán tener un colector de tierras no aislado en barra de cobre con una sección mínima de 50 mm2, que permitirá la conexión de las masas

metálicas que deben ser conectadas a tierra. En cada extremo de cada celda se tendrá una perforación de 12 mm de diámetro, para conectarse a la red de tierras de la subestación.
Cada elemento móvil deberá conectarse a la parte fija con una trenza de cobre flexible de 25 mm2 de sección con la suficiente holgura para evitar esfuerzos de tensión en la misma.
Los puntos que deberán conectarse directamente al colector de tierras por conexiones rígidas o trenzas flexibles son los siguientes:

Con una sección de 50 mm2.

- ✓ El punto común de los dispositivos de puesta a tierra.
- ✓ Los elementos fijos que aseguran la puesta a tierra de los interruptores.
- ✓ La masa metálica de los transformadores de corriente.
- ✓ El neutro y la masa del transformador de auxiliares,
- ✓ Las pantallas de los cables de 23 Kv.

Con una sección de 13.3 mm2.

- ✓ Los secundarios de los transformadores de corriente.
- ✓ La masa metálica de los equipos de baja tensión.

Relevador de tierras

- ✓ Verificar que en el armario de control del relevador de avería de grupo quede bloqueado y que la subestación no se pueda energizar desbloqueando este relevador de tierra, hasta que sea restablecido.
- ✓ Medición del aislamiento del sistema de tierras entre la malla y tierra.

Cargador y banco de baterías

El sistema de baterías de cada subestación debe incluir los acumuladores, el cargador de batería, interruptor desconectador de fusibles, estructura de montaje, accesorios y todas las conexiones necesarias para que el sistema sea operable. Será conforme a las normas aplicables a acumuladores y cargadores de batería o equivalentes.

Batería

La batería debe ser del tipo y tamaño necesarios para ejecutar todas las funciones que aquí se describen y propia para la operación de la subestación. Debe tener una vida mínima esperada de 10 años para el tipo y condiciones de servicio indicados. Se propone que sean baterías de plomo – ácido selladas con la siguiente estructura:

1. Capacidad. La capacidad de la batería debe ser de 100 Amp/horas, 120 Vcc, suficiente para sostener un régimen de descarga de 8 horas. La batería debe diseñarse para suministrar los valores más altos de descarga necesarios para cerrar y disparar todos los interruptores de la subestación después de que los valores de descarga son demandados en ausencia de alimentación de corriente alterna. El tamaño de la batería deberá basarse en lo siguiente:



- Demanda de carga con la subestación en plena operación y alimentación de corriente alterna normal al cargador.
- Demanda de carga en ausencia de alimentación de corriente alterna al cargador.
- Régimen de recuperación de 95 % de la carga en un tiempo de 4 a 6 horas.

2. Placas de identificación. Cada batería debe ser marcada permanente y legiblemente con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Tipo y modelo
- Capacidad en ampere-horas a un minuto, una hora y 8 horas.
- Mes y año de fabricación
- Régimen de descarga
- Densidad a plena carga

3. Tipo. Los acumuladores de la batería serán de plomo-ácido selladas, libres de mantenimiento; para dar servicio a circuitos electrónicos de control (microprocesadores) y protecciones, muy delicados.

Cargador de baterías

El cargador de baterías debe fabricarse a base de SCR con regulación plena, del tipo de voltaje constante, seleccionado de acuerdo al tamaño de la batería conectado a él. Deberá ser capaz de recargar la batería completamente descargada en un tiempo máximo de 8 horas, alimentando además la carga demandada por la operación normal de la subestación. Operará a una tensión de 220/127 Vca, 60 Hz, monofásico. La salida del cargador deberá ser a voltaje de 120 Vcc, 40 Amp. Constante regulado dentro de un 1% sobre el rango total de carga. Además de cargar las baterías en flotación debe llevar la carga continua, mientras que la batería alimenta prácticamente lo más pesado durante los periodos de emergencia o mantenimiento. Cuando falte la corriente alterna al cargador es interrumpida, la batería debe suministrar toda la potencia requerida.
El cargador debe contar con un circuito para limitar la corriente de salida hasta un 10% sobre su corriente nominal. Para variaciones de la tensión de alimentación de ±10% y variaciones de carga de 0 a 100%, la variación de tensión de salida del cargador no deberá exceder ±0.5% de la tensión nominal.
Para falla en la red de alimentación, la tensión transitoria a la salida del cargador conectado a sus cargas no deberá exceder del 200% de la tensión nominal para la tensión nominal especificada, los valores de eficiencia mínimos son los indicados en la norma NOM-I-63 o equivalente en normas internacionales.
El factor de potencia del cargador deberá ser de 0.90 o mayor. La tensión de rizo máximo no debe exceder de 1 mV. Se deben marcar claramente con símbolos y/o leyendas todas las terminales susceptibles de conexiones externas, con objeto de identificar sus funciones.







El gabinete del cargador de baterías debe cumplir con lo siguiente:

- Debe estar formado por una armazón de lámina de acero estructural de calibre no menor a 12 AWG, paneles y puertas con calibre no menos a 14 AWG.

Para baterías selladas de plomo–ácido.

- Debe ser auto soportado y con la parte posterior diseñada para instalarse junto a la pared.
- El acceso al gabinete debe ser únicamente desde el frente.
- El cargador y el gabinete deben ser autoenfriados, es decir, tener enfriamiento por convección natural, en caso necesario, los gabinetes pueden contar con ventilas laterales o frontales.
- El gabinete debe contar con medios para izaje y soporte adecuados.
- El gabinete del cargador debe tener preparación para conectarlo a tierra.

Accesorios y componentes:

- Un amperímetro de CD con precisión de 1% con las escalas adecuadas.
- Un voltímetro de CD con precisión de 1% con las escalas adecuadas.
- Un circuito automático de igualación-flotación, que incluya potenciómetros para ajuste de tensión, de igualación y flotación, conmutador manual y relevador de tiempo de 0 a 24 horas para control de carga de igualación.
- Un interruptor termo magnético general de CA para la alimentación, con el número de fases y corriente nominal adecuada. Este interruptor debe ser de alta capacidad interruptiva (25,000 Amp como mínimo). Con una protección a la entrada de 220 Vca y a la salida de 120 Vcc.
- Un interruptor termo magnético general de CC para la salida, de dos polos, con tensión y corriente nominales, así como capacidad interruptiva adecuada.
- Fusibles limitadores de corriente a la salida del puente o protección adecuada de éste.
- Placas de identificación de instrumentos y equipos de material plástico laminado de 3.2 mm de espesor con letras blancas en fondo negro.
- Placa de identificación de acero inoxidable del cargador de baterías, remachada o soldada, con grabado de relieve profundo, con los siguientes datos:
- Nombre del fabricante,
- Modelo y número de serie,
- Tensión de alimentación,
- Número de fase de alimentación
- Frecuencia de alimentación
- Tensión de salida de CD
- Corriente nominal de salida de CD y Tensiones de flotación e igualación.







- El gabinete del cargador debe tener preparación para entradas de tubo conduit por la parte inferior, a menos que se indique otra localización.
- Una barra de conexión a tierra del gabinete con capacidad no menor a 100 Amperios.
- Conectores terminales para recibir los cables de cobre de fuerza
- Conector de compresión a la barra de tierra del gabinete, para conectar un cable de cobre calibre 4/0 AWG del sistema de tierras.
- Protección contra transitorios con operación según ANSI/IEEE C62-41-1980, o equivalente IEC, ya que alimentará a circuitos electrónicos de control (microprocesadores) y protecciones muy delicadas.
- Alarmas, protecciones y alambrado de control de acuerdo al diseño y cálculo del cargador de baterías de plomo – ácido selladas.

Conductores:

- Deben utilizarse cable flexible para 600 V y 90°C de cobre de alta conductividad.
- Los cables que pasen a puertas bisagradas, deben ser de tipo extra flexible, adecuado para esta aplicación.
- El calibre de los cables debe ser el adecuado para cada aplicación, pero en ningún caso menor a 14 AWG 19 hilos, excepto en aplicaciones especiales, como son algunos circuitos electrónicos con pequeña intensidad de corriente.
- No debe efectuarse ningún empalme en los cables.
- Cada cable debe ser identificado con números en los extremos por medio de un manguito de plástico u otra identificación permanente similar.
- Las terminales de los conductores deben ser tipo ojo o anillo y sujetarse a las tablillas terminales por medio de tornillos. No se aceptan terminales abiertas ni del tipo espada.
- Todas las tablillas de control deberán estar debidamente identificadas. Las tablillas terminales deben ser del tipo sujeción de la zapata terminal del cable por medio de tornillo. Las tablillas deben ser para 600V 30ª.

Gabinete de control y señalización.

Cada subestación rectificadora tendrá un gabinete de control que debe estar formado por una armazón de acero estructural calibre 12 AWG, paneles y puertas del mismo calibre.
Debe ser auto soportado y con la parte posterior y costados diseñados para instalarse en un ensamble de conjunto.
El gabinete deberá tener acceso por la parte frontal (puerta) y posterior (cubierta de lámina (atornillada). Debe ser auto enfriado, esto es, diseñarse para tener enfriamiento por convección natural, para os cual pueden estar provistos de ventilas en el frente y en la parte posterior. No se aceptan gabinetes con ventilación forzada.
Debe contar con medios para izaje y soporte adecuados. Se instalara un sistema de iluminación que se activara al abrir la puerta. La estructura del gabinete deberá estar sólidamente conectada a tierra en dos puntos diametralmente opuestos y se proveerá de un







puente de cinta de cobre estañado y trenzado provista de terminales de ojillo para interconectarlo con la puerta.

En este gabinete se alojaran los siguientes equipos:

- Tablero mímico y display, los cuales se montarán a ras sobre la puerta.
- Controladores programables “RTU” primario y secundario (respaldo) en arreglo redundante.
- Relevadores auxiliares, tablillas de conexiones, alambrado de control y botón rojo para disparo general de emergencia y bloqueo de la subestación, mismo que accionará una alarma audible que deberá silenciarse con un botón pulsador operado localmente.

Panel mímico y display para señalización y control.

El panel mímico mostrará en un diagrama unifilar el arreglo eléctrico de la subestación desde su alimentación hasta la conexión a la catenaria.
El panel deberá ser provisto de botones pulsadores de mando y tres lámparas indicadoras por dispositivo (en colores ámbar, rojo y verde) que operen y anuncien el estado que guardan los interruptores referidos, además de un botón para despliegue de lecturas de corriente y voltaje. La lectura desplegada permanecerá en pantalla actualizándose automáticamente mientras no se pulse el botón de restablecer o por prioridad se despliegue otra función.
Energizara la subestación localmente y simulara el accionamiento de cada una de las protecciones que provocan el bloqueo del relevador averiado de grupo de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Corto circuito en 23 Kv.
- Fase a tierra en 23 KV.
- Operación del relevador de bucholz de estar el núcleo sumergido en aceite.
- Fusión de fusible en un diodo.
- Fusión de fusible en dos diodos.
- Temperatura alta en un diodo.
- Fusión de un fusible de brazo.
- Operación del relevador de tierra.
- Operación del termo magnético de auxiliares por sobre corriente.
- No cierre del interruptor ultrarrápido.
- Seccionador manual abierto (estando en posición de mando a distancia).

Interconexión y pruebas para el sistema de telemando desde el Puesto de Despacho de Carga de cierre y apertura de los interruptores y de la operación de las alarmas. Señales de entrada provenientes de:







- Gabinete de alta tensión (posición de cuchillas, interruptor 52, transformador de potencia (en el caso de que el núcleo este sumergido en aceite: bucholz, fuga a tierra, nivel de aceite).
- Rectificador (nivel de temperatura, fusible fundido, sobrevoltaje, fuga a tierra.
- Interruptor principal (posición).
- Señales de salida hacia
- Interruptor principales 52 de 23 Kv. (cierre y apertura).
- Interruptor principales 54 UR Vcc (cierre y apertura).
- Interruptor derivado Vcc (cierre y apertura).

Normas para construcción

El diseño, fabricación, pruebas y puesta en marcha de los equipos estarán de acuerdo con la última edición de las siguientes normas:

- ANSI American Normalization and Standard Institute
- NEMA National Electric Manufacturers Association
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- CCONIE Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica
- CFE Comisión Federal de Electricidad
- IEC Internacional Electrotechnical Comisión
- DIN Deutch Industrial Norms
- VDE Normas Electrotécnicas Alemanas
- NEF Normas Electrotécnicas Francesas

ANEXO 2. ESQUEMA GENERAL DE LA LÍNEA ELEVADA.

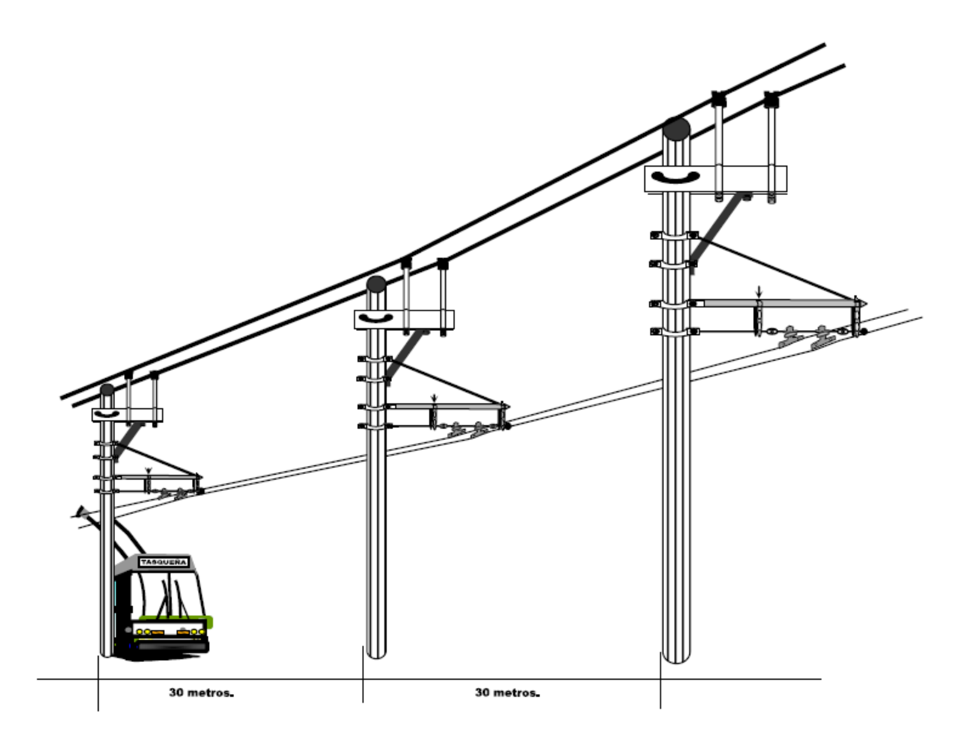
Línea Elevada se define como un conjunto de instalaciones eléctricas (cables, cambios, aisladores, tirantes, etc.); así como de accesorios de manufactura, utilizados para suministrar la energía eléctrica a los Trolebuses en el sistema de la ciudad de México D.F.

CABLE ALIMENTADOR NEGATIVO
CABLE ALIMENTADOR POSITIVO DE 500 MIL
AISLADOR DE ALFILER
CRUCETA
ANILLO S/ESPIGA
VARILLA CON CUERDA Y OJO
BRAZO
REMATE DE CENTRO
REMATE DE PUNTA
ANILLO C/ESPIGA
COMPLEMENTO DE VIENTO
VIENTO
AISLADOR DE TENSION
CONEXION DE CANAL
AISLADOR DEL CENTRO
SUSPENSION 2/0
ALAMBRES TROLLEY
QUEBRADORA
TASQUEÑA
975

CONCEPTOS BASICOS DE LA LINEA ELEVADA:

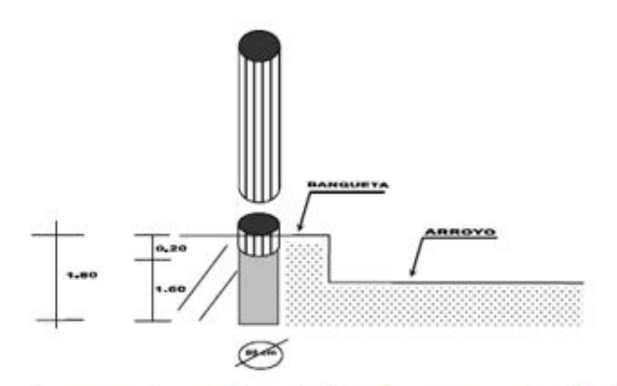


1. Distancia entre Postes



En la ciudad de Bogotá, la distancia entre postes se debe considerar de acuerdo a estándares internacionales con referencia a un máximo de 30 metros, garantizando con esto que el hilo de contacto no genere riesgos asociados a la prestación del servicio.

2. Excavación

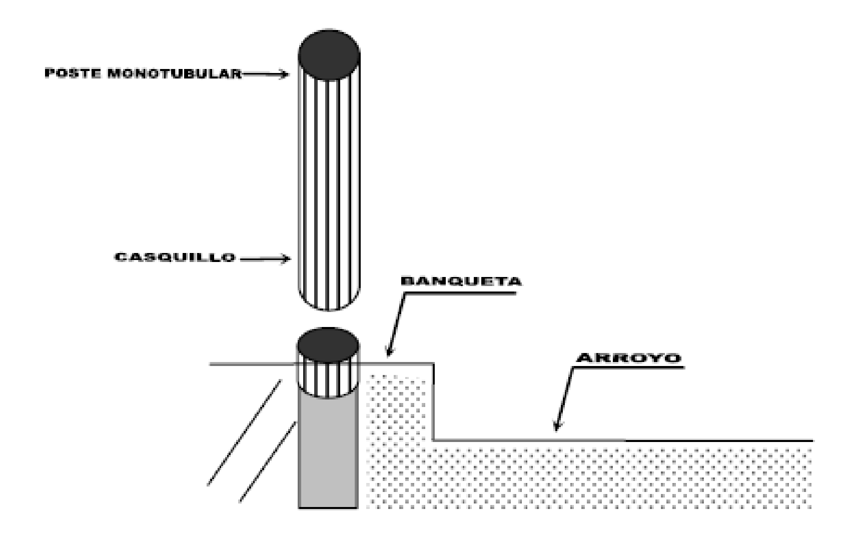


La excavación es 80 cm. de diámetro y a una profundidad de 1.80 mts.

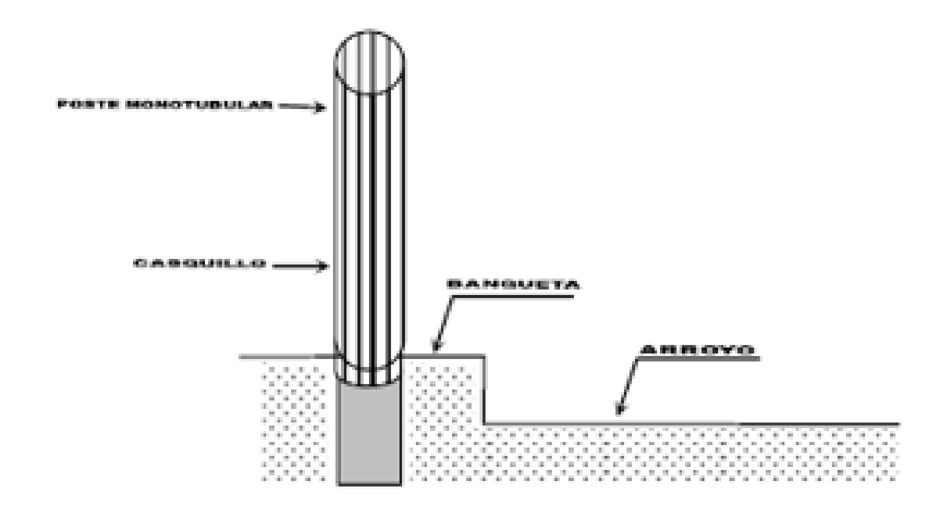
3. Hincado de postes





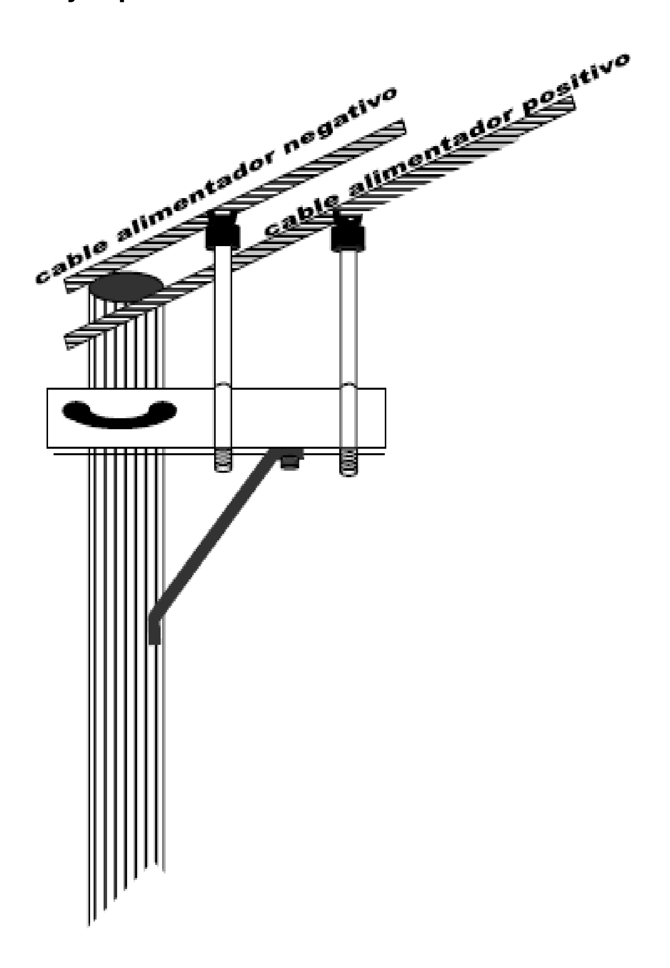


4. Macizo y Concreto de postes





5. Herrajes para tendido de cable alimentador



6. Herrajes para ménsulas (brazos).

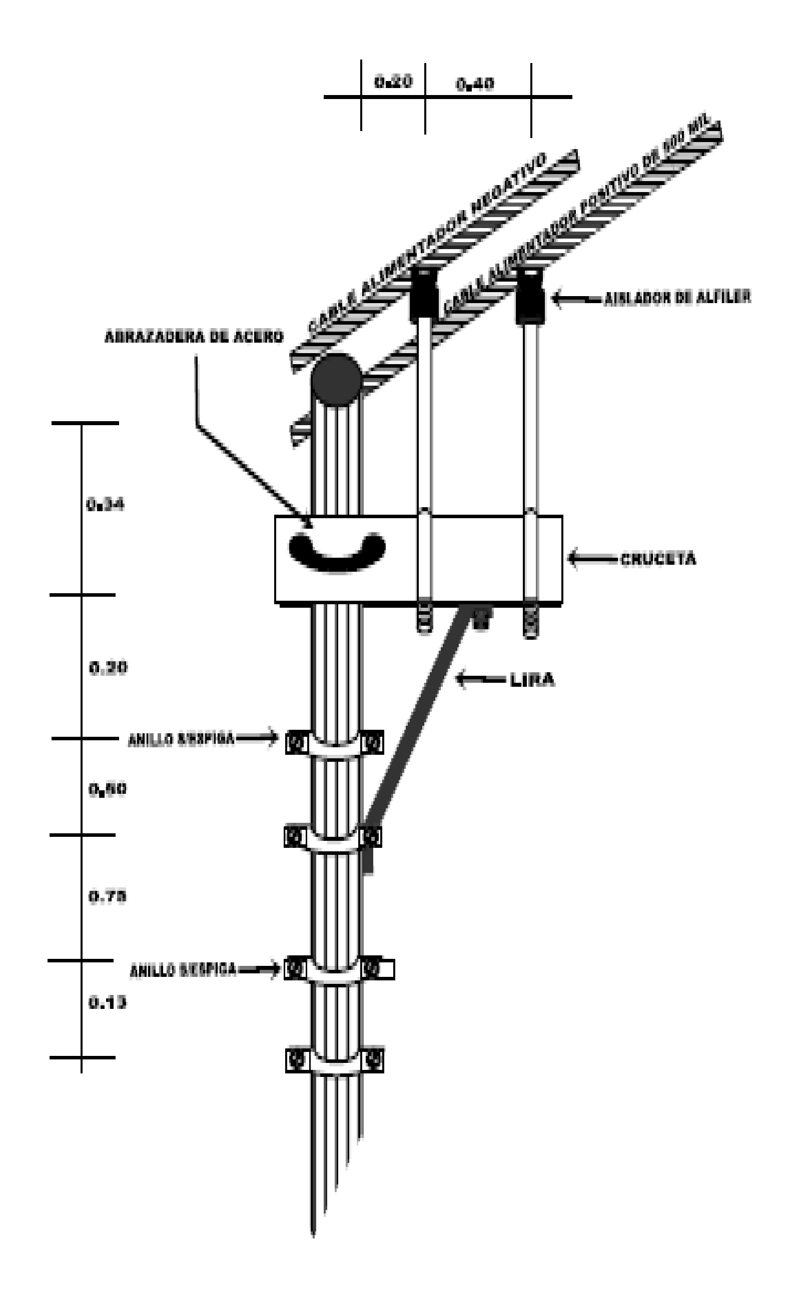
La fijación de las ménsulas (brazos) en los postes, se realiza por medio de anillos con espiga y sin espiga, a las alturas siguientes:

- Se coloca un anillo con espiga de 5 ½”, a una altura de 5.76 mts.
- Un anillo sin espiga de 5 ½”, una altura de 5.63 mts.
- Un anillo sin espiga de 5 ½”, se colocará a una altura de 7.00 mts






ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.


0.20
0.40
CABLE ALIMENTADOR NEGATIVO
CABLE ALIMENTADOR POSITIVO DE 500 MIL
AISLADOR DE ALFILER
ABRAZADERA DE ACERO
0.34
CRUCETA
0.20
LIRA
ANILLO S/ESPIGA
0.50
0.75
ANILLO S/ESPIGA
0.13


TRANSMILENIO


BOGOTÁ
HUMANA



7. Tendido de cable alimentador

CABLE ALIMENTADOR NEGATIVO
CABLE ALIMENTADOR POSITIVO DE 500 MIL
AISLADOR DE ALFILER
ABRAZADERA DE ACERO
CRUCETA
LIRA
ANILLO S/ESPIGA
ANILLO S/ESPIGA

El cable alimentador es de cobre desnudo de calibre 500 MCM o 1000 MCM, mismo que al instalarse recibe una tensión mecánica de 850 kilogramos.







8. Ménsulas (brazos)

CABLE ALIMENTADOR NEGATIVO
CABLE ALIMENTADOR POSITIVO DE 500 MIL
AISLADOR DE ALFILER
ABRAZADERA DE ACERO
CRUCETA
LIRA
ANILLO S/ESPIGA
VARILLA DE ACERO CON CUERDA Y OJO
REMANENTE DE PUNTA
BRAZO
REMANENTE DE CENTRO
ANILLO S/ESPIGA
COMPLEMENTO DE VIENTO
VIENTO
TORNILLO DE OJO DE ACERO
AISLADOR DE TENSION CHICO
CAMPANA DE ALUMINIO
AISLADOR DEL CENTRO
ALAMBRE TROLLEY
SUSPENSION 2/0







Su función es sostener el alambre de trolley, el cual se compone de los siguientes accesorios:

- Un tubo galvanizado de 2” de diámetro con una longitud de 5.00 mts., remate de punta y centro de 2”, tornillo de ojo de ½” x 6 ½”, viento, dos aisladores de tensión chico, varilla con cuerda y ojo de ½” x 5.20 metros, dos suspensiones de 2/0 y dos aisladores de centro

9. Instalación del alambre de Trolebús





El alambre trolley es de un calibre 2/0, mismo que al ser tendido, durante su instalación se le debe dar tensión mecánica de 1200 kilogramos, a la mitad de la longitud tendida y al final del carrete.
Debe cuidarse que la ranura de “8”, no pierda la vuelta en toda la longitud del tendido

10. Alimentación al alambre de trolley

En las ménsulas (brazos), que fueron instaladas previamente, por norma a cada 120 metros se instalarán alimentaciones eléctricas del cable alimentador al alambre de trolley.

11. Secciones eléctricas.

Normalmente cada subestación rectificadora, utiliza 4 interruptores de corriente directa, con una longitud de alimentación eléctrica de 2,500 metros y un quinto interruptor se tiene como reserva, el cual se debe utilizar como una interconexión directa entre subestaciones.

12. Pruebas Eléctricas.

Una vez concluida la línea elevada, previamente se deben realizar las siguientes actividades:

- Comprobar el orden de las alimentaciones y que estén conectados en sus polaridades correspondientes.
- Verificar en forma visual que no se tenga contacto, con cables a tierra o líneas energizadas y de existir se deben eliminar.

DESCRIPCION FUNCIONAL DE LOS DISPOSITIVOS DE LA LÍNEA ELEVADA.

13. Poste vestido completo

El poste vestido completo con herrajes, aisladores y cables, es utilizado para soportar la línea elevada, tanto con los cables alimentadores como con los de contacto, ilustrando el brazo y la cruceta donde soporta los cables alimentadores, el viento donde se sostienen los hilos de contacto.

Generalmente todos los postes son tubulares y de metal, y se clasifican por medidas



0.20
0.40
CABLE ALIMENTADOR NEGATIVO
CABLE ALIMENTADOR POSITIVO DE 500 MIL
AISLADOR DE ALFILER
ABRAZADERA DE ACERO
CRUCETA
LIRA
ANILLO S/ESPIGA
VARILLA DE ACERO CON CUERDA Y OJO
REMANENTE DE PUNTA
BRAZO
REMANENTE DE CENTRO
ANILLO S/ESPIGA
COMPLEMENTO DE VIENTO
VIENTO
TORNILLO DE OJO DE ACERO
AISLADOR DE TENSION CHICO
CAMPANA DE ALUMINIO
AISLADOR DEL CENTRO
ALAMBRE TROLLEY
SUSPENSION 2/0
0.34
0.20
0.50
0.75
0.13
0.13
9.15
5.30
5.50
POSTE MONOTUBULAR
CASQUILLO
BANQUETA
ARROYO
0.20
1.80
1.60

Casquillo.

- Poste monotubular.
- Anillo sin espiga
- Tirante cable galvanizado de ¼ trenzado.
- Remates de punta fundición de hierro gris calidad masa automotriz o bronce rojo.
- Remates de centro fundición de hierro galvanizado o bronce rojo.



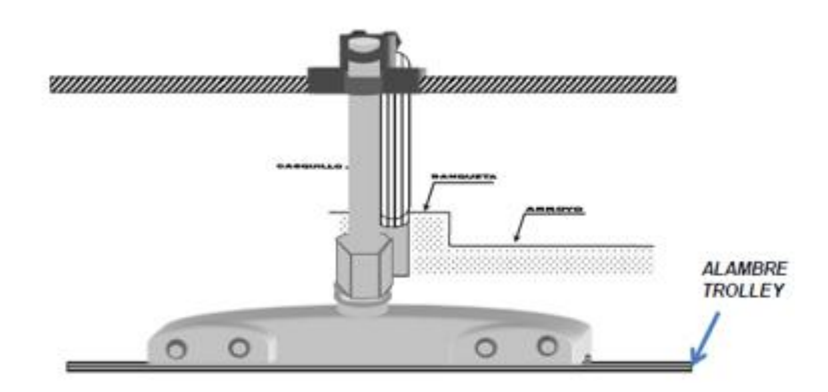




- Campana de aluminio fundición de aluminio 100-0 ó bronce rojo
- Alambre de trolley ranurado de cobre calibre 2/0.
- Aislador de centro de 2kv.
- Aislador de tensión chico.
- Tornillo de ojo de acero a-36 galvanizado de ½" 0.
- Varilla de acero a-36 galvanizado de ½ 0.
- Tubo galvanizado (brazo) – astm. – gado b ced. 40 de 2" 0.
- Abrazadera de acero a-36 galvanizado de 5/8" 0.
- Cruceta canal "u" de 4" x 3/16" de acero estructurado a-36.
- Cable alimentador 500 mcm desnudo tensión 550 kg.
- Aislador de porcelana tipo alfiler.
- Lira

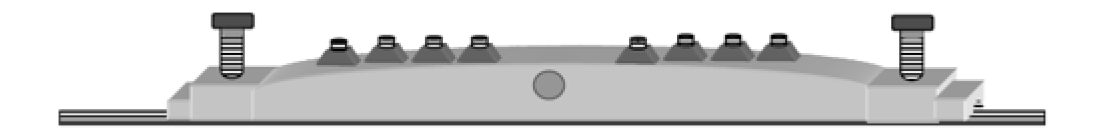
14. Suspensión

La suspensión es un arreglo de fundición que sirve para fijar el hilo de contacto al brazo



Tipos de suspensión:

- Conexión de canal 4/0

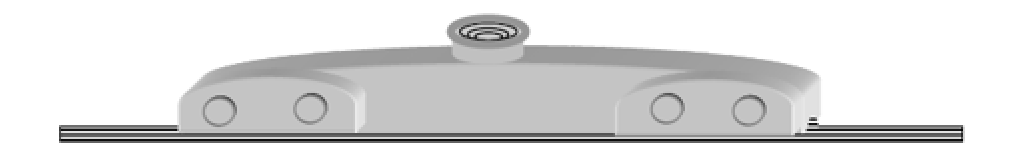


- Suspensión 2/0

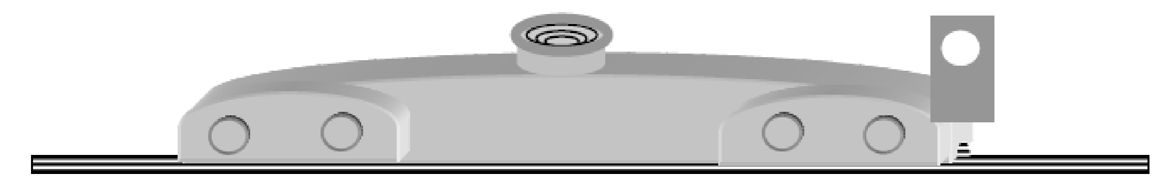








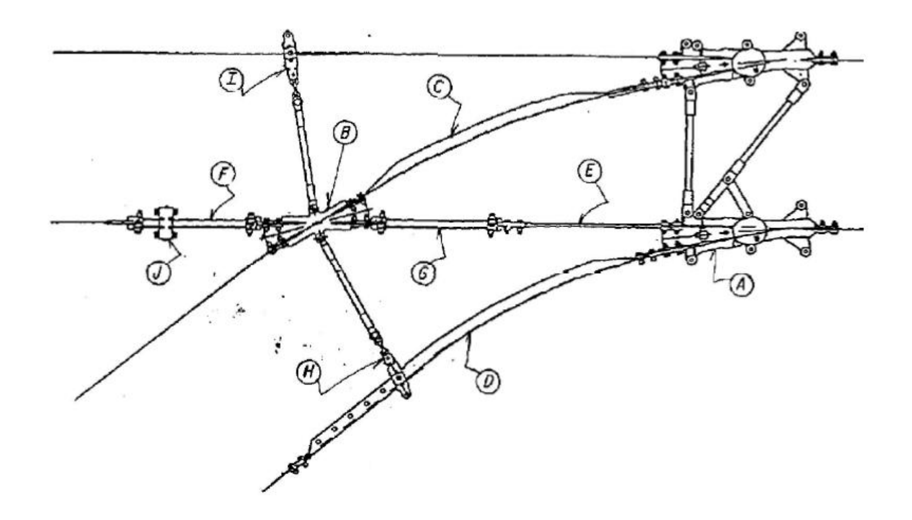
- Suspensión alimentadora



CAMBIOS DE LÍNEA ELEVADA

Es un aparato de línea elevada que sirve para cambiar la dirección de los portacorriente (cañas), del trolebús, opera por la posición del trolebús respecto a la línea al momento de la vuelta. Existen dos tipos de cambio:

Cambio Mecánico



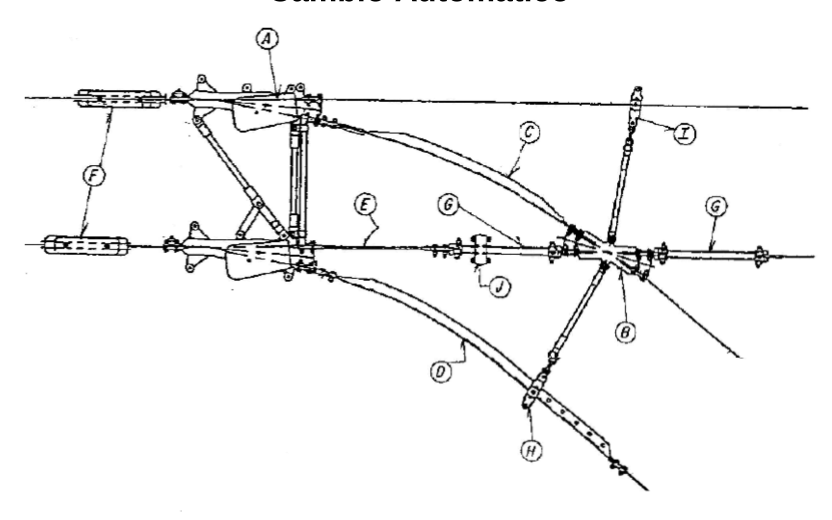






PUNTO	DESCRIPCIÓN
A	Cabeza de cambio mecánico
B	Crucero de cambio
C	Solera para curva exterior unidad LH
D	Solera para curva interior unidad LH
E	espaciador tipo TC
F	Separador aislante
G	Separador aislante
H	Canilla ajustable
I	Canilla de farolillo
J	Rompe arco magnético

Cambio Automático



PUNTO	DESCRIPCIÓN
A	Cabeza de cambio automático
B	Crucero de cambio
C	Solera para curva exterior unidad LH
D	Solera para curva interior unidad LH
E	espaciador tipo TC
F	Contactor de voltaje
G	Separador aislante
H	Canilla ajustable
I	Canilla de farolillo
J	Rompe arco magnético



